



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Biológicas**

**Escuela Profesional de Ciencias Biológicas**

**Estimación de la vulnerabilidad socioecológica al  
cambio climático de las comunidades pesqueras  
artesanales de Talara, Perú**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en  
Hidrobiología y Pesquería

**AUTOR**

Noelia del Carmen VALDERRAMA BHRAUNXS

**ASESOR**

Tania Sarith PEÑA BACA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Valderrama, N. (2021). *Estimación de la vulnerabilidad socioecológica al cambio climático de las comunidades pesqueras artesanales de Talara, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

### Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Noelia del Carmen Valderrama Bhraunxs
DNI	72902136
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-1804-6715">https://orcid.org/0000-0002-1804-6715</a>
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Tania Sarith Peña Baca
DNI	10132622
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7600-7741">https://orcid.org/0000-0001-7600-7741</a>
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Jorge Larry Tam Málaga
DNI	06450650
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8224-4313">https://orcid.org/0000-0001-8224-4313</a>
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.1.4.1. Producción y manejo de Recursos Hidrobiológicos
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Estados Unidos. Adaptation Fund (AF). PROYECTO: “Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías gestionado por el Fondo de Promoción de la Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE). 006-2019-PRFNP-PRODUCE 060C-201900006
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Callao Distrito: La Punta Calle: Esquina Gamarra y General Valle S/N

	<p>Latitud: 12.06721</p> <p>Longitud: -77.15774</p>
Rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2018 – Mayo 2021
URL de disciplinas OCDE	<p>Oceanografía, Hidrología, Recursos hídricos  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.11">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.11</a></p> <p>Biología marina, Biología de agua dulce, Limnología  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.12">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.12</a></p> <p>Temas sociales  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.04.05">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.04.05</a></p>



# Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

### ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA (MODALIDAD: SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS)

Siendo las 10:07 horas del 08 de mayo de 2021, en el Salón de Grados Virtual de la Facultad de Ciencias Biológicas cuya dirección electrónica fue <https://meet.google.com/obi-mjat-sio>, y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** de **NOELIA DEL CARMEN VALDERRAMA BHRAUNXS**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° UNMSM-20200030074, la titulando expuso su tesis: **“ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECOLÓGICA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS COMUNIDADES PESQUERAS ARTESANALES DE TALARA, PERÚ”**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota **18**, calificativo: **APROBADO CON MENCIÓN HONROSA**.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** a **NOELIA DEL CARMEN VALDERRAMA BHRAUNXS** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título conforme a ley.

Siendo las 11:42 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 08 de mayo de 2021.

**Dr. ALDO PACHECO VELASQUEZ**  
(PRESIDENTE)

**Dra. TANIA PEÑA BACA**  
(ASESORA)

**Mg. SILVIA AGUILAR LUNA**  
(MIEMBRO)

**Blga. CARMEN YAMASHIRO GUINOZA**  
(MIEMBRO)

*No.*

*No aceptes lo habitual como cosa natural.*

*Porque en tiempos de desorden,*

*de confusión organizada,*

*de humanidad deshumanizada,*

*nada debe parecer natural.*

*Nada debe parecer imposible de cambiar.*

Bertolt Brecht

## **Dedicatoria**

*A mi madre, María del Carmen, quien con su corazón de oro ha sido y sigue siendo el mejor ejemplo a seguir. A mi hermana Minerva, por enseñarme a leer y abrir un mundo de posibilidades frente a mis ojos. A mi hermana Daniela, por siempre creer en mí y motivarme a continuar en momentos difíciles y a mi papá Noé, por enseñarme que la educación es el arma que puede cambiar el mundo.*



## **Agradecimientos**

Mis infinitas gracias a mis asesores; la Dra. Tania Peña por sus minuciosas revisiones y el gran esmero que le pone a cada trabajo que realiza, y al Dr. Jorge Tam, por todas aquellas reuniones vespertinas muy productivas que incitaban a mi pensamiento crítico.

A Hans Jara, quien me brindó los primeros acercamientos a las evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático. Al investigador Borja Reguero, por sus valiosos aportes a la metodología. A Hans Ttito, por acompañarme todas esas tardes en el desarrollo de mis habilidades programadoras. A todo el equipo del Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Ecosistémico y del Cambio Climático del Instituto del Mar del Perú, por su amabilidad y predisposición para responder mis dudas.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Biológicas, en especial al profesor José Zavala por ser uno de los primeros en mostrarme la complejidad e interacción social y ecológica de los sistemas pesqueros.

Muchas gracias

## Índice general

<b>1. Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Pesquería y cambio climático .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Vulnerabilidad al cambio climático .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Sistemas socioecológicos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4. Vulnerabilidad socioecológica.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5. Vulnerabilidad al cambio climático en el Perú.....</b>	<b>18</b>
<b>3. Hipótesis y objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Hipótesis .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Objetivo general.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Materiales y métodos .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. Área de estudio.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Indicadores de exposición (EX) .....</b>	<b>21</b>
4.2.1. Correlación de las variables de exposición y los desembarques .....	21
4.2.2. Variación de los indicadores de exposición .....	21
<b>4.3. Sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático.....</b>	<b>23</b>
4.3.1. Sensibilidad (S).....	23
4.3.1.1. <i>Indicadores de Sensibilidad Ecológica (SE) .....</i>	<i>23</i>
4.3.1.2. <i>Indicadores de Sensibilidad Socioeconómica (SS) .....</i>	<i>27</i>
4.3.2. Capacidad Adaptativa (CA) .....	30
4.3.2.1. <i>Indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica (CAE).....</i>	<i>30</i>
4.3.2.2. <i>Indicadores de Capacidad Adaptativa Socioeconómica (CAS)....</i>	<i>33</i>
<b>4.4. Vulnerabilidad Socioecológica Actual (VSE) .....</b>	<b>33</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>37</b>

<b>5.1. Indicadores de exposición .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Sensibilidad y capacidad adaptativa actual .....</b>	<b>42</b>
5.2.1. Sensibilidad Ecológica.....	42
5.2.2. Sensibilidad Socioeconómica.....	47
5.2.3. Capacidad Adaptativa Ecológica.....	59
5.2.4. Capacidad Adaptativa Socioeconómica.....	61
<b>5.3. Vulnerabilidad Socioecológica Actual .....</b>	<b>64</b>
<b>6. Discusión .....</b>	<b>66</b>
<b>7. Conclusión .....</b>	<b>71</b>
<b>8. Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>9. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>74</b>
<b>10. Anexos .....</b>	<b>81</b>

## Índice de figuras

Fig. 1. Comunidades pesqueras artesanales seleccionadas.....	20
Fig. 2. Esquema del cálculo de la Vulnerabilidad Socioecológica.....	36
Fig. 3. Correlación entre la temperatura y el logaritmo de los desembarques.....	37
Fig. 4. Correlación entre la clorofila y el logaritmo de los desembarques.....	37
Fig. 5. Correlación entre la salinidad y el logaritmo de los desembarques.....	38
Fig. 6. Serie de tiempo de la temperatura superficial del mar frente a Talara. ....	39
Fig. 7. Serie de tiempo de la concentración de clorofila frente a Talara. ....	39
Fig. 8. Serie de tiempo de la salinidad del mar frente a Talara .....	40
Fig. 9. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Máncora .....	42
Fig. 10. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Los Órganos.....	43
Fig. 11. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para El Ñuro .....	43
Fig. 12. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Cabo Blanco.....	44
Fig. 13. Bancos naturales de Talara.....	45
Fig. 14. Diagrama de riqueza total de Olmstead y Tukey .....	46
Fig. 15. Área de pesca de Máncora para el periodo 2015-2018 .....	52
Fig. 16. Área de pesca para Los Órganos para el periodo 2015-2018. ....	52
Fig. 17. Área de pesca para El Ñuro para el periodo 2015-2018. ....	53
Fig. 18. Área de pesca para Cabo Blanco para el periodo 2015-2018. ....	53
Fig. 19. Distribución de capturas desembarcadas .....	56
Fig. 20. Vulnerabilidad Socioecológica promedio actual .....	66

## Índice de tablas

Tabla 1. Índice de Impacto Ecosistémico (IIE) .....	32
Tabla 2. Puntajes de los indicadores de exposición. ....	41
Tabla 3. Porcentaje de especies dominantes por caleta. ....	46
Tabla 4. Puntajes de los indicadores de Sensibilidad Ecológica.....	48
Tabla 5. Variación de la densidad poblacional en Talara. ....	49
Tabla 6. Proporción de pescadores artesanales en la comunidad en Talara. ....	50
Tabla 7. Recursos marinos turísticos en Talara.....	51
Tabla 8. Cociente entre el área de pesca y el número de embarcaciones .....	54
Tabla 9. Concesiones aprobadas para maricultura en Talara.....	54
Tabla 10. Distribución de capturas (kg).....	55
Tabla 11. Puntajes de los indicadores de Sensibilidad Socioeconómica.....	58
Tabla 12. Puntajes de los indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica.....	62
Tabla 13. Puntajes de los indicadores de capacidad adaptativa socioeconómica. .	63
Tabla 14. Puntajes finales de la Vulnerabilidad Socioecológica actual por caleta...	65

## Lista de acrónimos

<i><b>Acrónimos</b></i>	<b>Explicación</b>
<i><b>ANP</b></i>	Área Natural Protegida
<i><b>AVHRR</b></i>	Advance very-high resolution radiometer
<i><b>BCRP</b></i>	Banco Central de Reserva del Perú
<i><b>BID</b></i>	Banco Interamericano de Desarrollo
<i><b>CA</b></i>	Capacidad Adaptativa
<i><b>CB</b></i>	Cabo Blanco
<i><b>CAE</b></i>	Capacidad Adaptativa Ecológica
<i><b>CAS</b></i>	Capacidad Adaptativa Socioeconómica
<i><b>CMIP5</b></i>	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados
<i><b>EN</b></i>	El Ñuro
<i><b>ENEPA</b></i>	Encuestas Estructurales de la Pesca Artesanal
<i><b>EX</b></i>	Indicadores de Exposición
<i><b>F-CAE</b></i>	Falta de Capacidad Adaptativa Ecológica
<i><b>F-CAS</b></i>	Falta de Capacidad Adaptativa Socioeconómica
<i><b>FA</b></i>	Fondo de Adaptación
<i><b>FAO</b></i>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<i><b>IIE</b></i>	Índice de Impacto Ecosistémico
<i><b>IMARPE</b></i>	Instituto del Mar del Perú
<i><b>INEI</b></i>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<i><b>IP</b></i>	Impacto Potencial
<i><b>IP-ECO</b></i>	Impacto Potencial Ecológico
<i><b>IP-SOC</b></i>	Impacto Potencial Socioeconómico
<i><b>IPCC</b></i>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

<b><i>IPSL</i></b>	Instituto Pierre Simon Laplace
<b><i>ISEP</i></b>	Índice de Sostenibilidad Ecosistémica Ponderada
<b><i>LO</i></b>	Los Órganos
<b><i>M</i></b>	Máncora
<b><i>MINCETUR</i></b>	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
<b><i>MODIS</i></b>	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
<b><i>MR</i></b>	Resolución Media
<b><i>PBI</i></b>	Producto Bruto Interno
<b><i>PEA</i></b>	Población Económicamente Activa
<b><i>PRODUCE</i></b>	Ministerio de la Producción
<b><i>PROFONANPE</i></b>	Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú
<b><i>RPC</i></b>	Representative Concentration Pathway
<b><i>S</i></b>	Sensibilidad
<b><i>SA</i></b>	Sociedad Anónima
<b><i>SAC</i></b>	Sociedad Anónima Cerrada
<b><i>SE</i></b>	Sensibilidad Ecológica
<b><i>SERNANP</i></b>	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
<b><i>SES</i></b>	Sistemas Socioecológicos
<b><i>SS</i></b>	Sensibilidad Socioeconómica
<b><i>SMOS</i></b>	Soil Moisture and Ocean Salinity
<b><i>TSM</i></b>	Temperatura Superficial del Mar
<b><i>UTM</i></b>	Universal Transverse Mercator
<b><i>V-ECO</i></b>	Vulnerabilidad Ecológica
<b><i>V-SOC</i></b>	Vulnerabilidad Socioeconómica
<b><i>VSE</i></b>	Vulnerabilidad Socioecológica

## **Resumen**

La actividad pesquera artesanal provee de una fuente sustancial de alimento, trabajo e ingresos para el Perú. No obstante, en la actualidad muchas zonas costeras son consideradas vulnerables a los efectos del cambio climático. En particular, las predicciones indican que para el año 2050 el Perú reducirá sus capturas pesqueras en aproximadamente un 20% por efectos del cambio climático. La pesquería implica una conexión entre los sistemas ecológico y socioeconómico, ya que existe una dependencia directa de la explotación de recursos ecológicos y ambientales para su sustento.

Es por esa razón que para realizar un cálculo de vulnerabilidad de esta actividad al cambio climático, es necesario utilizar un enfoque socioecológico. El presente estudio se centró en la determinación de la vulnerabilidad socioecológica actual al cambio climático de 4 comunidades de pescadores artesanales (Máncora, Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco) de Talara por medio del uso de 20 indicadores (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) para el componente ecológico y socioeconómico.

Como resultado de las 4 caletas se obtuvo que la vulnerabilidad socioecológica actual de esta provincia es de un nivel medio. Por lo tanto, de no tomarse medidas para fortalecer la capacidad adaptativa del sistema, la actividad pesquera artesanal se encontrará en un riesgo alto, afectando a miles de personas involucradas en este sector.



## **Abstract**

The artisanal fishing activity provides a substantial source of food, work and income for Peru. Nevertheless, many coastal areas are currently considered vulnerable to the effects of climate change. In particular, predictions indicate that by 2050 Peru will reduce its fishing catches by approximately 20% due to the effects of climate change. The fishing activity implies a connection between ecological and socio-economic systems since there is a direct dependence on the exploitation of ecological and environmental resources for their livelihood.

It is for this reason that in order to calculate the vulnerability of this activity to climate change, it is necessary to use a socio-ecological approach. The present study focused on determining the current socio-ecological vulnerability to climate change of 4 artisanal fishing communities (Máncora, Los Órganos, El Ñuro and Cabo Blanco) in Talara through the use of 20 indicators (exposure, sensitivity and adaptive capacity) for the ecological and socio-economic component.

As a result of the 4 locations, it was obtained that the current socio-ecological vulnerability of this province is of a medium level. Therefore, if measures are not taken to strengthen the adaptive capacity of the system, the artisanal fishing activity will be at high risk, affecting thousands of people involved in this sector.

## **Estimación de la vulnerabilidad socioecológica al cambio climático de las comunidades pesqueras artesanales de Talara, Perú**

### **1. Introducción**

La pesquería artesanal constituye una fuente importante de alimento, trabajo e ingresos para el Perú (Alfaro-Shigueto, 2010, Christensen *et al.*, 2014). Asimismo, el potenciar el desarrollo sostenible de esta pesquería para incrementar su contribución a la seguridad alimentaria y a la disminución de la pobreza en el país son líneas de acción estratégicas para el gobierno peruano. No obstante, muchas zonas costeras son consideradas vulnerables a los efectos del cambio climático (IPCC, 2018) y diferentes estudios predicen que el cambio climático tendrá un rango de impactos directos e indirectos con repercusiones importantes en los países dependientes de la actividad pesquera (Daw *et al.*, 2009, Barange *et al.*, 2014, Sowman y Raemaekers, 2018).

Las predicciones indican que para el año 2050 el Perú reducirá sus capturas pesqueras en aproximadamente un 20% por efectos del cambio climático (Barange *et al.*, 2014). A pesar de lo expuesto, en el Perú, un país tradicionalmente pesquero, existen pocos estudios enfocados en evaluaciones de vulnerabilidad (Badjeck, 2008, Daw *et al.*, 2009, Gutierrez *et al.*, 2011), es decir, del grado de susceptibilidad de la pesquería a los efectos adversos del cambio climático.

Los indicadores ambientales y ecológicos son importantes para determinar el impacto del cambio climático (Cinner *et al.*, 2009, Pacifici *et al.*, 2015, Segán *et al.*, 2016). No obstante, para determinar la vulnerabilidad de poblaciones humanas, tales como las comunidades pesqueras, se requiere de herramientas que integren variables ambientales, ecológicas y socioeconómicas. Estos aspectos pueden ser integrados mediante un enfoque socioecológico (Mamauag *et al.*, 2013, Maina *et al.*, 2016) que hace uso de las evaluaciones de vulnerabilidad con indicadores de exposición (condiciones físicas que conducen cambios en el sistema biofísico evaluado), sensibilidad (grado en el que un sistema es afectado por un estímulo climático) y

capacidad adaptativa (habilidad de un sistema para acondicionarse a los perjuicios potenciales del cambio climático) (IPCC, 2001).

Ante los posibles efectos del cambio climático sobre los recursos pesqueros y las comunidades humanas dependientes de estos, se requiere de un análisis de vulnerabilidad que integre el componente social y ecológico, y que permita formular estrategias de manejo acertadas (Griffiths, 2016).

El presente estudio de vulnerabilidad socioecológica es parte del Proyecto “Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías” ejecutado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de la Producción (PRODUCE), el Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE) y financiado por el Fondo de Adaptación (FA). El proyecto tiene como objetivo principal apoyar al gobierno del Perú en la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades costeras a los impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos costeros y los recursos pesqueros.

La información generada en este estudio podrá ser usada para proponer estrategias de manejo que reduzcan la vulnerabilidad socioecológica al cambio climático de las comunidades costeras en Talara, así como también, podrá servir como un referente de estudios próximos de vulnerabilidad socioecológica al cambio climático en comunidades pesqueras artesanales a nivel nacional y regional.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Pesquería y cambio climático**

En el mundo, alrededor de 520 millones de personas (~8% de la población) dependen directa e indirectamente de la pesquería marina (Sumaila *et al.*, 2011). En el Perú, en el año 2019 la pesca aportó 2103 millones de soles al PBI (BCRP, 2020). Sin embargo, existen factores como el cambio climático que dificultan su desarrollo sostenible. Debido a que las condiciones fisicoquímicas son determinantes para la abundancia y distribución de especies marinas (Defeo *et al.*, 2013), se conoce que el cambio climático tendrá grandes repercusiones en la producción marina a nivel mundial (Brander, 2007, Cheung *et al.*, 2010).

Diversos estudios muestran que las zonas costeras son vulnerables a los efectos del cambio climático basándose en análisis individuales (Adger, 1999, Dolan y Walker, 2006, Okey *et al.*, 2015), regionales (Adger *et al.*, 2005, Cinner *et al.*, 2009, Sowman y Raemaekers, 2018) y globales (Hannesson *et al.*, 2006, Allison *et al.*, 2009, Johnson y Welch, 2009, Dow y Downing, 2011). Por otro lado, en el Perú, las predicciones sobre el efecto del cambio climático indican que para el año 2050 habrá una reducción de las capturas pesqueras totales en aproximadamente 20% (Barange *et al.*, 2014).

### **2.2. Vulnerabilidad al cambio climático**

El concepto de vulnerabilidad al cambio climático fue inicialmente mencionado por Dow (1992) quien la describe como la habilidad del sistema para afrontar la exposición, que a su vez es una medida inicial de la vulnerabilidad, limitada a un tiempo discreto. Posteriormente, el IPCC (2001) establece el concepto de vulnerabilidad como el “grado en el cual un sistema es susceptible o incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo variabilidad ambiental y eventos extremos”, y que se encuentra en función de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

En términos de vulnerabilidad, la exposición se refiere a las condiciones físicas que conducen cambios en el sistema biofísico evaluado (Geronimo *et al.*, 2013), mientras

que la sensibilidad es definida como el grado de afectación, adversa o beneficiosa, de un sistema por un estímulo climático directo o indirecto (IPCC, 2001). Por otro lado, la capacidad adaptativa es sinónimo de resiliencia, adaptabilidad, potencial adaptativo, capacidad de afrontamiento o flexibilidad (Adger y Kelly, 1999, Brooks, 2003, Tompkins y Adger, 2004, Smit y Wandel, 2006). Según el IPCC (2001) la capacidad adaptativa es “la habilidad de un sistema para acondicionarse a los perjuicios potenciales del cambio climático, aprovechando las oportunidades brindadas o lidiando con las consecuencias generadas”.

### **2.3. Sistemas socioecológicos**

A principios del siglo XXI, se propone la conexión entre sistemas ecológicos y sociales (Adger, 2000, Berkes y Jolly, 2002, Fraser *et al.*, 2003). Adger (2000) explica la conexión existente entre estos sistemas, siendo más evidente en grupos sociales que dependen directamente de la explotación de recursos ecológicos y ambientales para su sustento. Berkes y Jolly (2002) remarcan la importancia de trabajar con las comunidades locales para potenciar el desarrollo sostenible, generando conocimiento científicamente sólido enraizado en la comprensión social. Además, Fraser *et al.* (2003) sugieren que el estudio de estos sistemas acoplados permitirá determinar las características genéricas de las áreas que son vulnerables al cambio del entorno social, físico y/o económico.

Ostrom (2009) sienta las bases de los sistemas socioecológicos (SESs, por sus siglas en inglés) definiendo un marco de referencia para éstos. Dentro de este análisis, se identifica las variables relevantes para el estudio de los mismos, donde se incluye a las unidades de recursos, a los sistemas de recursos, los sistemas de gobernanza y a los usuarios como subsistemas ubicados dentro de los SESs.

### **2.4. Vulnerabilidad socioecológica**

La progresión del conocimiento en las áreas mencionadas conllevó a un acercamiento hacia estudios de vulnerabilidad socioecológica de comunidades costeras

(Allison *et al.*, 2009; Bene, 2009; Cinner *et al.*, 2009; Johnson y Welch, 2009, Badjeck *et al.*, 2010, Mills *et al.*, 2011). Entre estos, Allison *et al.* (2009) plantean por primera vez un análisis mundial de vulnerabilidad de la pesquería al cambio climático, incluyendo los efectos en la economía y pesquería. Este estudio incluye al Perú dentro de los 170 países analizados, y lo sitúa como un país altamente vulnerable.

En los últimos años se han planteado marcos de referencia para realizar evaluaciones más sencillas y objetivas de vulnerabilidad (Mamauag *et al.*, 2013, Cinner *et al.*, 2013, Griffiths, 2016). De estos estudios destacan Mamauag *et al.* (2013) que plantean una herramienta para poder cuantificar la vulnerabilidad al cambio climático de las comunidades costeras, incluyendo los componentes ecológico y socioeconómico en su análisis, e integrando la sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa, siendo su propuesta consistente con lo planteado por el IPCC (2001).

## **2.5. Vulnerabilidad al cambio climático en el Perú**

En el Perú solo existen dos antecedentes de análisis de vulnerabilidad de comunidades costeras de pescadores con un enfoque socioecológico.

Badjeck (2008), quien analiza el componente social de la vulnerabilidad de las comunidades costeras al cambio climático y variabilidad climática. En este estudio, se propone como medidas de resiliencia, la diversificación de actividades alternativas a la pesca, estrategias de manejo centradas en los procesos migratorios, derechos de propiedad y limitaciones en la extracción, así como la incentivación de la participación inclusiva en la actividad pesquera, políticas de reducción de riesgo y propone realizar estudios de vulnerabilidad a diferentes escalas.

Asimismo, en el 2014, se inicia el proyecto “Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino Costero del Perú” financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el gobierno de Perú (Resolución Ministerial N° 344-2014-PRODUCE), que incluye una evaluación local de la vulnerabilidad socioecológica al cambio climático de las comunidades pesqueras de la provincia de Huaura (Jara *et*

*al.*, 2020). En este estudio se analizó la vulnerabilidad socioecológica presente y futura para tres caletas de pescadores. Jara *et al.* 2020 reportaron una vulnerabilidad socioecológica baja para dos comunidades pesqueras (Huacho y Vegueta) y una vulnerabilidad media para la comunidad pesquera de Carquín. Sin embargo, estas categorías se encuentran representadas en cinco intervalos, presentando Carquín y Vegueta valores de vulnerabilidad de 0.396 y 0.561 que corresponderían a una vulnerabilidad media en una escala de tres intervalos.

### **3. Hipótesis y objetivos**

#### **3.1. Hipótesis**

Las comunidades de pescadores artesanales en Talara tienen un nivel medio de vulnerabilidad socioecológica actual al cambio climático.

#### **3.2. Objetivo general**

Determinar la vulnerabilidad socioecológica actual al cambio climático de las comunidades de pescadores artesanales de Talara.

#### **3.3. Objetivos específicos**

- Evaluar la variación de los indicadores de exposición para la zona de Talara y su relación con los desembarques haciendo uso de series de tiempo.
- Estimar la sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático en la zona de Talara (Máncora, Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco) para los componentes ecológico y socioeconómico.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad socioecológica actual al cambio climático de las comunidades de pescadores artesanales de Talara (Máncora, Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco) en base a los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Área de estudio

El área de estudio comprendió 4 comunidades de pescadores artesanales: Máncora, Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco, ubicadas en el distrito de Talara, departamento de Piura (Fig. 1). Estas comunidades se encuentran ubicadas entre los 4.10°S y 4.25°S, es decir, dentro del gran ecosistema marino costero del Pacífico centroamericano (Sherman y Duda, 1999). Este ecosistema está influenciado por los movimientos estacionales de la Zona de Convergencia Intertropical, presentando afloramiento ecuatorial, valores altos de temperatura que bordean los 26°C y especies tropicales diferenciadas de las del ecosistema de Humboldt (Heileman, 2012, Ibanez-Erquiaga *et al.* 2018).

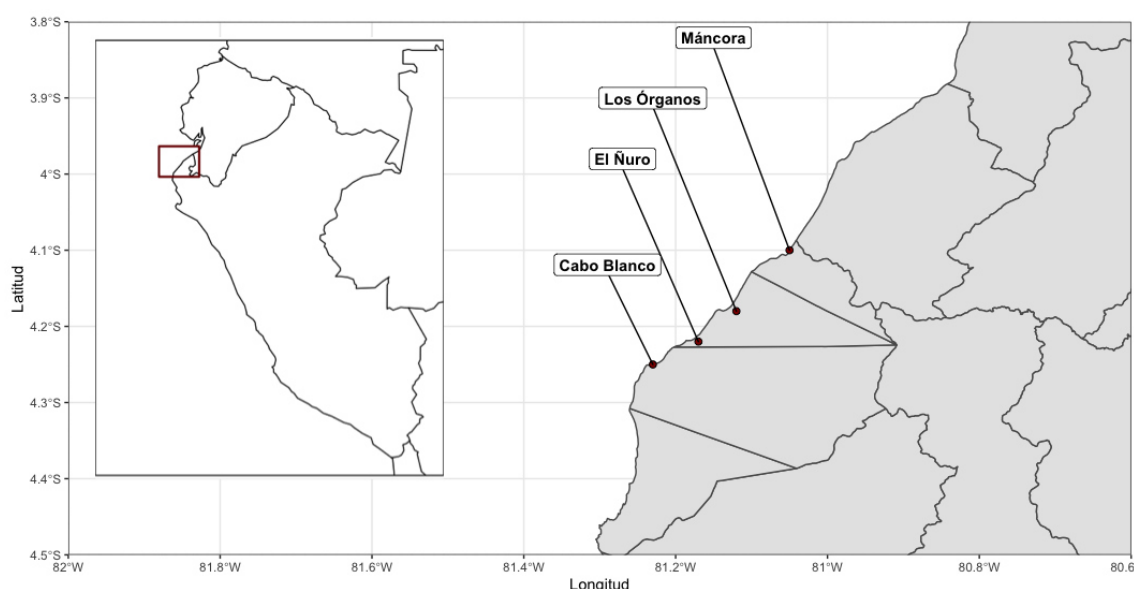


Fig. 1. Comunidades pesqueras artesanales seleccionadas para el presente estudio.

El área de estudio seleccionada es una de las áreas piloto del proyecto: “Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías” desarrollado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de la Producción (PRODUCE), el Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE) y financiado por el Fondo de Adaptación (FA).



## 4.2. Indicadores de exposición (EX)

### 4.2.1. Correlación de las variables de exposición y los desembarques

Para determinar la correlación entre las variables de exposición y los desembarques, se realizó un análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales (temperatura, clorofila y salinidad) y el logaritmo de los desembarques. Para este análisis, se usó datos de desembarques (kg) de la caleta de Máncora correspondientes a una serie temporal extensa de 272 meses (mayo 1996 a diciembre del 2018). Además, se usaron datos ambientales a la escala más fina posible provenientes de los satélites: Advance very-high resolution radiometer (AVHRR, resolución: 1km) para temperatura, Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS, resolución: 25km) para salinidad y Moderate resolution imaging spectroradiometer – Aqua (MODIS-Aqua, resolución: 4km) para clorofila. Se usó un análisis no paramétrico ya que los datos evaluados no presentaron una distribución normal. Las otras caletas contaron con una serie temporal poco extensa de desembarques, no haciendo posible realizar dicho análisis.

### 4.2.2. Variación de los indicadores de exposición

Los indicadores de exposición usados fueron la temperatura superficial del mar (°C), salinidad superficial del mar (ups) y concentración de clorofila ( $\text{mg/m}^3$ ) por ser las variables usadas para estudios de cambio climático (Licuanan *et al.*, 2013) y por disponibilidad de datos (Ver Anexo A). Todos los indicadores de exposición fueron extraídos a partir de las salidas mensuales de la fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5, por sus siglas en inglés) (Dufresne *et al.*, 2013), del modelo acoplado (océano – atmósfera) *del Institut Pierre Simon Laplace* (IPSL) a una resolución media. El procesamiento se dio en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014), usando el paquete *ncdf4* (Pierce, 2012) utilizado para la manipulación de datos con extensión .nc, provenientes de modelos climáticos globales.

Para la obtención de los valores resultantes de los indicadores de exposición, se analizó una serie temporal a escala mensual desde 1850 hasta el 2018. El año de inicio se consideró por ser el punto de partida del modelo utilizado y el 2018 por ser el año final de análisis de los indicadores ecológicos. Debido a la marcada estacionalidad en la serie temporal, se procedió a realizar un análisis de medias móviles con el fin de suavizar las fluctuaciones encontradas. Este análisis requiere de la definición de un orden  $n$  o número de periodos y utiliza el promedio de los  $n$  valores de datos más recientes en la serie de tiempo como pronóstico para el siguiente periodo. Teniendo las tendencias de las series temporales para las tres variables consideradas, se tomó la pendiente resultante de cada una de ellas.

No obstante, se debe recalcar que los indicadores de exposición fueron extraídos en una resolución de  $2.5^\circ$  grados sexagesimales que es extensa en comparación al área evaluada, la razón es porque estos datos provienen de un modelo climático y es necesario trabajar en esa resolución para hacer proyecciones comparables en el futuro. A su vez es importante resaltar que la temperatura y la salinidad son propiedades conservativas del océano (Segar & Segar, 2007) y sus variaciones espaciales no son abruptas.

Para determinar la selección de criterios de la TSM, clorofila y salinidad, se tuvo en cuenta la pendiente resultante de sus análisis de medias móviles. Para la selección de los rangos de cada criterio para cada indicador se usaron estudios relacionados a la oceanografía de la región en escenarios de cambio climático (Gutiérrez *et al.*, 2011, Yáñez *et al.*, 2014, Weidberg *et al.*, 2020).

En el caso de la TSM, es posible un aumento de  $0.26 \pm 0.14$  °C por década para Paita (distrito colindante situado al extremo austral de Talara, Gutiérrez *et al.*, 2011), que corresponde a un aumento de  $\sim 0.0022$  °C por mes . Por lo tanto, un aumento por encima de este valor correspondería a una mayor exposición, mientras que un valor negativo indicaría enfriamiento y menor exposición. En ese sentido, los límites fueron situados en valores menores a -0.003 para una exposición baja (1), entre -0.003 y 0.003

para una exposición media (2) y más de 0.003 para una exposición alta (3) (Ver Anexo B).

Para el indicador concentración de clorofila, Gutiérrez *et al.* (2011) mencionan un aumento de 1 mg/m<sup>3</sup> por década en entre 1970 y 2000 y 3 mg/m<sup>3</sup> para el periodo posterior, que correspondería a un aumento de ~0.0167 mg/m<sup>3</sup> por mes. Bakun (1990) y Weidberg *et al.* (2020) sostienen que la clorofila presentará un aumento en los grandes sistemas de afloramiento debido a la intensificación de los vientos, específicamente en regiones cercanas al ecuador terrestre. Por lo tanto, los criterios establecidos para este indicador fueron situados en valores menores a -0.02 para una exposición baja, entre -0.02 y 0.02 para una exposición media y más de 0.02 para una exposición alta (Ver Anexo B). Dado que la variación de salinidad es mucho menor comparada con la TSM y clorofila, y que con el cambio climático se presentará una intensificación del ciclo del agua (más precipitación), indicando una disminución de salinidad para el área evaluada (Durack *et al.* 2012), el rango de los criterios seleccionados corresponden a un tercio de los valores propuestos para TSM.

### **4.3. Sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático**

#### **4.3.1. Sensibilidad (S)**

Para este estudio se consideró a la sensibilidad como la respuesta negativa del sistema evaluado a los estímulos presentados. Los indicadores incluidos fueron seleccionados por la disponibilidad existente de datos.

##### *4.3.1.1. Indicadores de Sensibilidad Ecológica (SE)*

Los datos referentes al componente ecológico fueron solicitados al Área de Pesquería Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) para el periodo 2015 – 2018 en frecuencia mensual. Entre los datos solicitados, se obtuvo información de las 4 caletas incluyendo cantidad de desembarques, nombre científico y común de las especies capturadas, artes de pesca utilizadas y las coordenadas de las zonas de pesca

correspondientes a los desembarques expuestos. Los indicadores de SE analizados (Ver Anexo C) fueron los siguientes:

**a) Cambio en la diversidad de especies**

Se calculó este indicador por medio del índice de diversidad de Simpson (Simpson, 1949) para cada localidad usando datos de desembarques. El índice de diversidad de Simpson mide qué tan diverso es el ambiente evaluado con respecto al total, siendo los valores cercanos a cero considerados de baja diversidad y los cercanos a 1, de mayor diversidad. La fórmula es la siguiente:

$$D_{Simpson} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

- S es el número de especies
- N es el total de desembarque
- n es el desembarque total por especie

Para realizar este cálculo se ordenó las especies en columnas y los años en filas, con el objetivo de obtener un valor de diversidad por cada mes, durante los 4 años evaluados. Se calculó la pendiente para asignarle un valor al aumento (1), estabilidad (2) o disminución (3) de la diversidad a través del tiempo en cada caleta. Este indicador fue planteado bajo el motivo de que la declinación de la diversidad de especies por muerte o migración incrementa la sensibilidad del sistema. Los criterios para el índice de diversidad de Simpson se basaron en la significancia de los valores obtenidos y al aumento o disminución de los mismos. En ese sentido, los valores significativos positivos fueron asignados con un puntaje de 1 (sensibilidad baja), los no significativos, con un puntaje de 2 (sensibilidad media) y los significativos negativos, con un puntaje de 3 (sensibilidad alta) (Ver Anexo D). Los gráficos obtenidos fueron procesados en el lenguaje de programación R, usando la librería *ggplot2*.

**b) Riqueza de especies (invertebrados bentónicos de importancia comercial)  
con bancos naturales**

Los datos para este indicador fueron obtenidos del conteo del número de especies de invertebrados bentónicos en el litoral de la región de Piura hecho por el IMARPE (Carbajal *et al.*, 2010). Haciendo uso del lenguaje de programación R (R Core Team, 2014) se convirtió los datos de coordenadas UTM a geográficas por medio del paquete *rgdal* (Bivand, 2019). Posteriormente, se generó mapas utilizando el paquete *ggplot2* (Wickham, 2011) para una mejor visualización de los bancos naturales y las caletas correspondientes. Este indicador es importante porque a mayor presencia de especies con bancos naturales, existirá una mayor sensibilidad para la localidad, teniendo en cuenta que el cambio climático afectará directamente a las zonas de desove. Teniendo en cuenta ello, se asignó la sensibilidad de acuerdo al número de bancos naturales presentes en la zona.

**c) Concentración de capturas**

Este indicador fue calculado por medio del índice de autocorrelación espacial de Moran (Moran, 1950). Este índice evalúa el nivel de agrupamiento espacial entre los valores de la variable de interés mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})^2}$$

Donde:

- N es el número de unidades espaciales indexadas por i y j
- X es la variable de interés (capturas)
- $\bar{X}$  es el promedio de X
- $w_{ij}$  es un elemento de una matriz de pesos espaciales

Para el cálculo de este indicador, se utilizó la información referente a las coordenadas de las capturas, es decir las zonas de pesca por caleta. El índice fue calculado con

ayuda del lenguaje de programación R (R Core Team, 2014), haciendo uso del paquete *ape* (Paradis, 2019). Adicionalmente se realizaron pruebas bilaterales para identificar si la distribución era aleatoria o presentaba algún patrón, en el caso de la última opción se realizó múltiples pruebas unilaterales para identificar si se trataba de una distribución agregada o dispersa.

El indicador fue considerado ya que las capturas concentradas indicarán mayor sensibilidad por la inferencia de un hábitat reducido. Los criterios para el indicador 'Concentración de capturas' se basaron en las tres posibles distribuciones existentes (dispersa, aleatoria y agregada), siendo la distribución dispersa equivalente a una sensibilidad baja con un valor de 1, a la distribución aleatoria se le atribuyó un valor de 2, mientras que, a la distribución agregada, un valor de 3 (Ver Anexo I).

#### **d) Proporción de especies dominantes**

Para este indicador se procedió a realizar el cálculo de las especies dominantes respecto a la riqueza total según Olmstead y Tukey (1947) para cada caleta. El diagrama generado por esta técnica, brinda cuatro categorías de ocurrencia: raras, ocasionales, frecuentes y dominantes.

El primer paso consistió en la organización de los datos, utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014), específicamente el paquete *tidyverse* (Wickham, 2017) que se utiliza para el manejo de estructuras de datos. Los datos de desembarques se encontraban en un formato no adecuado para este análisis (especies repetidas, por tratarse de diferentes artes de pesca), por lo que se realizó agregaciones por nombre científico y estableciendo un formato extendido, es decir las columnas correspondieron a las especies y las filas a los años. Posteriormente, se calculó la suma y conteos totales por columnas que correspondieron a la abundancia y frecuencia por especie, respectivamente.

Los criterios para el último indicador de sensibilidad ecológica se basaron en que, si las especies dominantes son más del 50%, el área será menos diversa y por ende la

sensibilidad será mayor. Por otro lado, valores entre 25% y 50% son considerados dentro de una sensibilidad media (valor 2) y finalmente si el porcentaje de especies dominantes es menor a 25%, esto indicará alta diversidad y, por ende, una baja sensibilidad ecológica (Ver Anexo D).

Las especies dominantes se obtuvieron como todas aquellas por encima de la mediana de la frecuencia y la abundancia. Asimismo, se consideró a la abundancia como el logaritmo de la suma de 1 y la abundancia original, este artificio se utilizó con el objetivo de encontrar una escala coherente entre los desembarques de las especies capturadas, la adición de 1 se realizó para evitar el cálculo del logaritmo de 0. Este indicador fue definido bajo el precepto de que un mayor porcentaje de especies dominantes implicará menor probabilidad de respuesta y mayor sensibilidad a efectos como el cambio climático.

#### *4.3.1.2. Indicadores de Sensibilidad Socioeconómica (SS)*

Los datos referentes al componente socioeconómico fueron obtenidos por medio del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (Censos nacionales de 2007 y 2017), de la tercera edición de Encuestas Estructurales de la Pesca Artesanal (III ENEPA) (Castillo, 2018). Los indicadores de SS (Ver Anexo E) utilizados fueron:

##### **a) Densidad poblacional**

Esta información se extrajo de los censos realizados en el 2007 y 2017 por el INEI, se calculó la variación porcentual de ese periodo de 11 años y se dividió entre 11 para obtener la variación porcentual anual. La información obtenida se tuvo a escala distrital, por ser la más fina disponible. La justificación de este indicador radica en que la explosión demográfica (personas directa e indirectamente dependientes) indica una mayor sensibilidad debido a la escasez de recursos.

#### **b) Proporción de pescadores artesanales en la comunidad**

Este indicador fue calculado como el porcentaje de pescadores artesanales en la comunidad (ENEPA, 2015) con respecto al número de pobladores de la localidad (INEI, 2017). Los años considerados para el análisis, fueron tomados por ser los más actualizados, referentes a esta información. El objetivo de este indicador es mostrar el estado actual de la proporción entre pescadores artesanales (por caleta) y la población en general (por distrito), ya que mientras mayor sea la proporción, mayor será la dependencia económica de la actividad y, por ende, mayor será la sensibilidad.

#### **c) Recursos turísticos costeros**

El número de recursos turísticos ubicados en cada zona (a nivel distrital) fue tomado del portal <http://sigmincetur.mincetur.gob.pe/turismo/> el cual es un sistema de información georreferenciada del MINCETUR. Este indicador resalta la relación existente entre el turismo costero y los atractivos turísticos marinos, los cuales son sensibles y son afectados por el cambio climático.

#### **d) Área de la zona de pesca por embarcación**

Este indicador se calculó como el cociente del área de pesca de todas las especies y el número de embarcaciones existentes (ENEPA III, 2015). Para el cálculo del área de pesca se utilizaron las coordenadas brindadas por la información del Área Funcional de Pesca Artesanal del IMARPE. Se utilizó el software Matlab 2016b (The MathWorks, 2016) para graficar los puntos de captura en un gráfico y luego generar un polígono que los contenga, se utilizó el comando *boundary*, este comando requiere de un parámetro para ampliar o disminuir el margen del polígono generado, en este caso se utilizó el valor de 1 que corresponde al valor máximo de la compresión del polígono. Luego, se procedió a convertir el valor obtenido de grados a kilómetros, multiplicando este valor por 111,12 por tratarse de una zona cercana al ecuador terrestre. Finalmente se obtuvo



el cociente del área de pesca en km<sup>2</sup>, entre el número de embarcaciones registradas en el ENEPA III. Los mapas resultantes fueron elaborados en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014) mediante la librería *ggplot2*. Este indicador se basa en que, a menor área por embarcación, habrá mayor sensibilidad (presión de pesca, competencia entre pescadores) (Ver Anexo F).

#### **e) Zonas de maricultura**

Se calculó por medio del conteo de zonas de maricultura (áreas habilitadas por PRODUCE) en la localidad obtenidas a través del Catastro Acuícola Nacional de PRODUCE disponible en <http://catastroacuicola.produce.gob.pe/>. La explicación radica en que mientras exista mayor presencia de zonas de maricultura, hay mayor sensibilidad, ya que el cambio climático afecta directamente a las zonas de cultivo (cría) (Doubleday *et al.*, 2013).

#### **f) Distribución de capturas**

Se determinó la región de pesca con mayor porcentaje de capturas. Definiendo a las regiones de pesca como las ubicadas a 5 mn, 5-10 mn y más de 10 mn. Para el cálculo de este indicador se utilizó el software Matlab 2016b (The MathWorks, 2016) y la información de las coordenadas de las zonas de pesca brindada por la información del Área Funcional de Pesca Artesanal del IMARPE. En el software Matlab 2016b, se calculó la distancia mínima existente entre los puntos de captura y la línea de costa por medio de la estimación de la distancia euclidiana con el comando `p2dist`, los valores resultantes fueron convertidos a millas náuticas, para luego ser clasificados dentro de las regiones de pesca definidas con anterioridad (5 mn, 5-10 mn y 10 mn).

Para una mejor visualización de los resultados generados, se generaron mapas en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014) haciendo uso del comando *ggplot2* (Wickham, 2016). De este indicador, se infiere que las regiones cercanas a la costa

implicarán un menor esfuerzo para los pescadores artesanales, disminuyendo la sensibilidad de la actividad (Ver Anexo F).

#### **g) Aporte económico de la pesquería**

El aporte económico de la pesquería se consideró como el porcentaje de la población económicamente activa (PEA) dedicada al rubro. Esta información fue extraída del Diagnóstico Socioeconómico y Ambiental de la Zona Marino Costera de la Provincia de Talara (Calle, 2014), a nivel distrital. Este indicador muestra que mientras que el porcentaje de la PEA sea mayor, indica una mayor dependencia entre la población y la actividad pesquera como fuente de ingresos, por lo que la sensibilidad socioeconómica será mayor.

#### **4.3.2. Capacidad Adaptativa (CA)**

Para este estudio, la capacidad adaptativa comprendió a los factores no intrínsecos al sistema evaluado que le brindan potencial para no alejarse de su estado original o de equilibrio, esta es una adaptación de la definición planteada por el IPCC (2001). Los indicadores considerados en este estudio fueron seleccionados por la disponibilidad existente de datos.

##### ***4.3.2.1. Indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica (CAE)***

Los datos requeridos para estos indicadores fueron obtenidos del Servicio Nacional de Áreas Naturales protegidas por el estado (SERNANP), del área de Pesquería Artesanal del IMARPE y la sostenibilidad ecosistémica ponderada de las artes de pesca fue calculada usando como referencia a Salazar (2018). La mayoría de estos indicadores presenta una adición (+1) en el caso de CAE 1 y CAE 3 y de (+100) en el caso de CAE 2, estas adiciones se realizaron para evitar la presencia de 0 en la tabla resultante; ya que, al realizar el cálculo de cocientes, estos valores serían incalculables por tratarse de divisiones entre cero. Los indicadores de CAE (Ver Anexo G) fueron los siguientes:

#### **a) Número de Áreas Naturales Protegidas (ANPs) marinas**

Se realizó mediante el conteo de Áreas Naturales Protegidas marinas, un mayor número de ANPs marinas incrementa la capacidad adaptativa del ecosistema al actuar como refugios para las especies actualmente amenazadas por la actividad pesquera.

#### **b) Tamaño del ANP**

Se calculó el tamaño de las Áreas Naturales Protegidas marinas en km<sup>2</sup>, indicando que un ANP de mayor extensión (ej. Regional / Nacional) incrementa la capacidad adaptativa del ecosistema al brindar mayor extensión y posibles micro-hábitats para las especies actualmente amenazadas por la actividad pesquera.

#### **c) Proporción del ANP y la zona de pesca**

Se calculó por medio de la proporción entre la extensión del ANP con respecto al área de pesca, una proporción mayor de ANPs (extensión) respecto a las zonas de pesca incrementará la capacidad adaptativa del ecosistema ya que estas áreas actuarían como refugios para las especies amenazadas por la actividad pesquera.

#### **d) Índice de Sostenibilidad Ecosistémica Ponderada (ISEP) de las artes de pesca**

El ISEP se calculó con la información de artes de pesca, especies y cantidad de desembarques brindada por el Área Funcional de Pesca Artesanal del IMARPE. Se seleccionó el arte de pesca con mayor desembarque para cada especie, haciendo uso de tablas dinámicas en el programa Microsoft Excel. Posteriormente, se generó una tabla con el mayor desembarque de cada especie por localidad y el arte de pesca correspondiente. Usando los valores del índice de impacto ecosistémico (IIE) (Tabla 1) planteado por Salazar (2018), se asignó un puntaje de impacto ecosistémico a cada arte de pesca.

Tabla 1. Índice de Impacto Ecosistémico (IIE), (1) desfavorable, (5) amigable con el ecosistema marino, tomado de Salazar (2018).

ARTES DE PESCA	IIE
Pinta Recursos costeros	4.2
Curricán	4
Espinel de fondo especies costeras	4
Red de enmalle superficial de recursos costeros	3.7
Espinel de superficie pelágicos mayores	3.3
Red de trampa o almadraba	3.2
Red de enmalle de fondo de recursos costeros	3
Red de enmalle de pelágicos mayores	2.9
Red de transmallo	2.9
Red de cerco anchovetera	2
Chinchorro manual	1.9
Red de arrastre consumo	1.8

De esta manera, el Índice de Sostenibilidad Ecosistémica Ponderada (ISEP) se calculó como el promedio ponderado del puntaje del Índice de Impacto Ecosistémico (IIE) multiplicado por la cantidad de desembarque por especie, entre la suma de los desembarques totales.

$$ISEP = \frac{\sum(D * IIE)}{\sum D}$$

Donde:

- ISEP = Índice de Sostenibilidad Ecosistémica de las artes de pesca.
- D = desembarques
- IIE = Índice de Impacto Ecosistémico

Este índice se explica dado que la inclusión de artes de pesca selectivas incrementa la capacidad adaptativa del ecosistema al evitar la captura incidental de especies acompañantes.

#### 4.3.2.2. Indicadores de Capacidad Adaptativa Socioeconómica (CAS)

Los datos requeridos para estos indicadores fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Los indicadores de CAS utilizados (Ver Anexo H) fueron:

##### **a) Índice de desarrollo humano**

El índice de desarrollo humano es un indicador del desarrollo humano por localidad, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Esta información se obtuvo a través del “Diagnóstico Socioeconómico y Ambiental de la Zona Marino Costera de la Provincia de Talara” (Calle, 2014) para cada distrito. Un índice mayor significa mayores oportunidades para lidiar con el nuevo panorama de la actividad pesquera, por ende, mayor capacidad adaptativa.

##### **b) Indicador de pobreza**

Porcentaje indicado de la población correspondiente a la categoría 'No pobre' (INEI, 2010), esta información se encuentra disponible a escala distrital. La ausencia de pobreza en la población incrementa la capacidad adaptativa de la población al tener la opción de disponer de liquidez e invertir sus ahorros en adaptarse al nuevo panorama de la actividad pesquera o en actividades económicas alternas a la pesquería.

#### **4.4. Vulnerabilidad Socioecológica Actual (VSE)**

Los resultados obtenidos de los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa fueron sometidos a criterios puntuados del 1 al 3, siendo 1 el valor mínimo y 3 el valor máximo para cada indicador.

Tomando como base la metodología planteada por Mamauag *et al.* (2013), se estimó la vulnerabilidad actual (Fig. 2) a través del promedio brindado por los valores de los indicadores de exposición (EX), sensibilidad (S) y capacidad adaptativa (CA). Cabe resaltar que después de obtener los promedios, se procedió a llevarlos a una escala de

0 a 1, esto con el fin de ser comparables entre componentes. La vulnerabilidad socioecológica (VSE) actual fue calculada como el promedio de la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica actual.

Los cálculos se iniciaron a partir de la obtención del valor resultante de los indicadores de exposición (EX). Posteriormente, los valores obtenidos para la sensibilidad ecológica (SE) y socioeconómica (SS) fueron promediados con el valor resultante de los indicadores de exposición y con esta operación se obtuvo el valor del impacto potencial (IP) para cada componente.

$$IP_{eco} = \frac{(EX + S_E)}{2} , IP_{sec} = \frac{(EX + S_S)}{2}$$

Donde:

- $IP_{eco}$  es el impacto potencial en el componente ecológico
- $IP_{sec}$  es el impacto potencial en el componente socioeconómico
- EX es el valor resultante de los indicadores de exposición
- $S_E$  es el valor resultante de los indicadores de sensibilidad ecológica
- $S_S$  es el valor resultante de los indicadores de sensibilidad socioeconómica

Seguidamente este valor fue promediado con la falta de capacidad adaptativa (1 – CA) resultante de cada componente, obteniendo así el valor de vulnerabilidad actual para cada componente.

$$V_{eco} = \frac{[IP_{eco} + (1 - CA_E)]}{2} , V_{sec} = \frac{[IP_{sec} + (1 - CA_S)]}{2}$$

Donde:

- $V_{eco}$  es la vulnerabilidad ecológica actual
- $V_{sec}$  es la vulnerabilidad socioeconómica actual
- $CA_E$  es la capacidad adaptativa ecológica
- $CA_S$  es la capacidad adaptativa socioeconómica

Al promediar los valores de vulnerabilidad socioecológica calculados para cada componente, fue posible obtener el valor de vulnerabilidad socioecológica ( $V_{SE}$ ) actual para cada localidad de estudio.

$$V_{SE} = \frac{(V_{eco} + V_{sec})}{2}$$

El valor de  $V_{SE}$  resultante fue llevado a una escala de 0 al 1 y fue comparado con la escala categórica propuesta por Mamauag *et al.* (2013). En esta escala los valores que se encuentran entre 0 a 0.33 indican una vulnerabilidad baja, 0.34 a 0.66 una vulnerabilidad media y 0.67 a 1 una vulnerabilidad alta. Para probar la hipótesis planteada se realizó una prueba t de Student para una muestra, usando los puntos de referencia de la escala de  $V_{SE}$ .

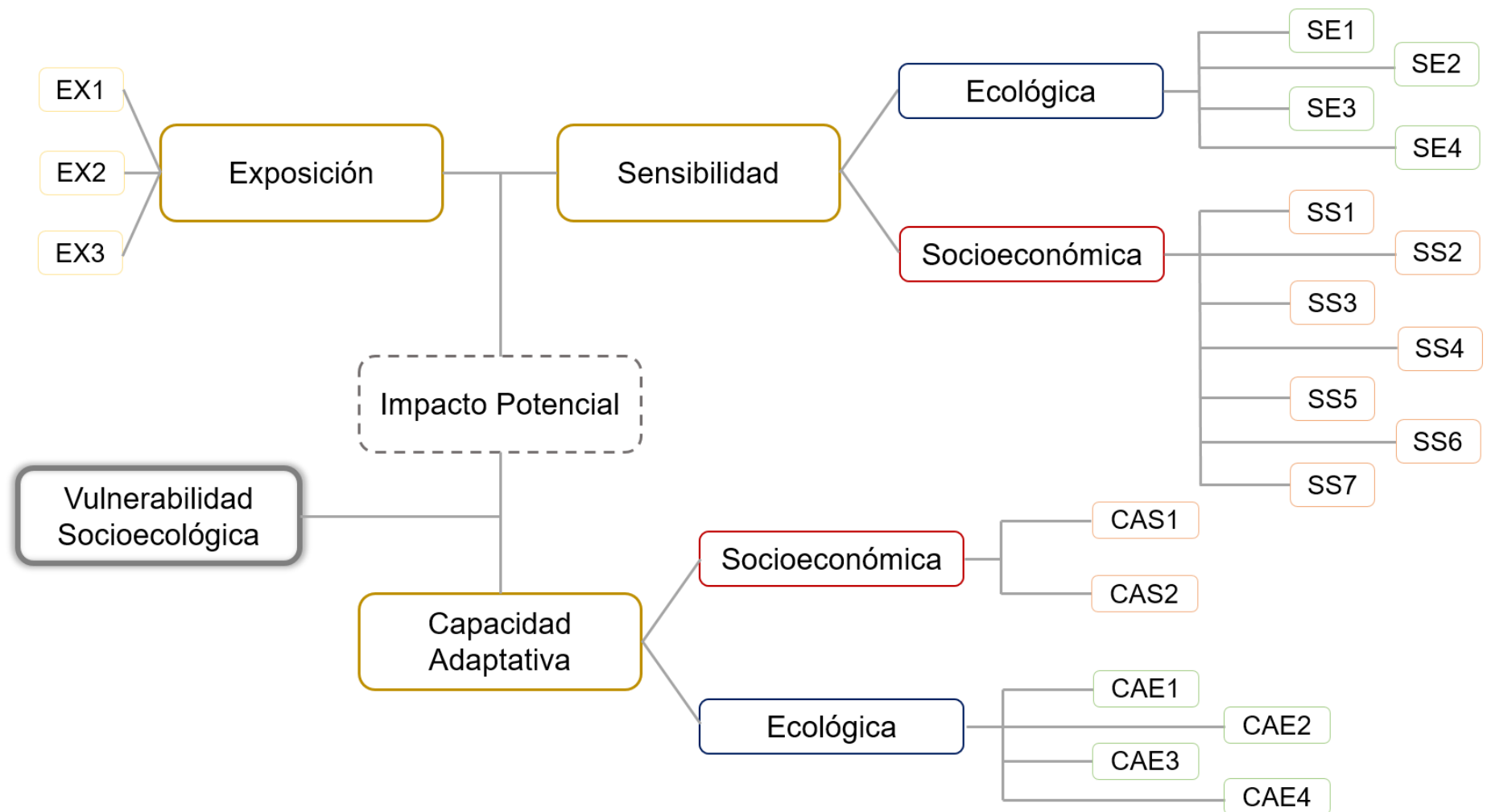


Fig. 2. Esquema del cálculo de la Vulnerabilidad Socioecológica adaptado de Mamauag *et al.* 2013.



## 5. Resultados

### 5.1. Indicadores de exposición

De los tres indicadores de exposición analizados, sólo la temperatura presentó una relación inversa significativa con los desembarques, por lo que un aumento de esta implicaría una disminución en los desembarques (Fig. 3). La clorofila a su vez presentó una correlación negativa no significativa con el logaritmo de los desembarques (Fig. 4). Por el contrario, la salinidad mostró una correlación positiva no significativa con el logaritmo de los desembarques (Fig. 5). Sin embargo, esta variable tiene un rango limitado de variación y, por lo tanto, ligeras variaciones en su concentración son importantes.

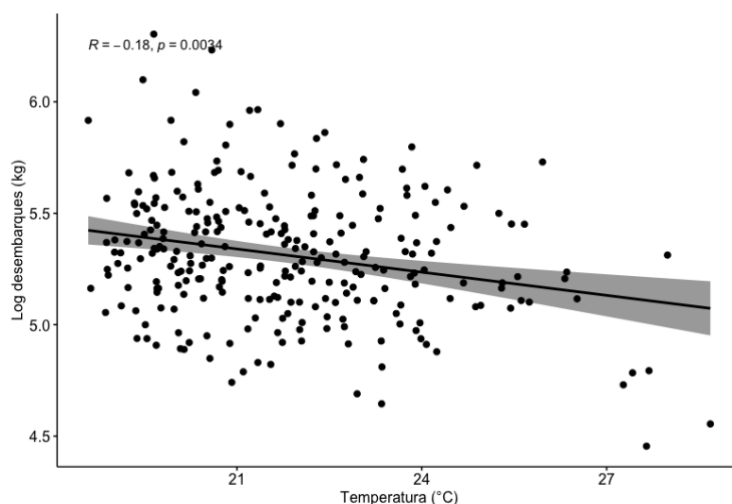


Fig. 3. Correlación entre la temperatura y el logaritmo de los desembarques (kg).

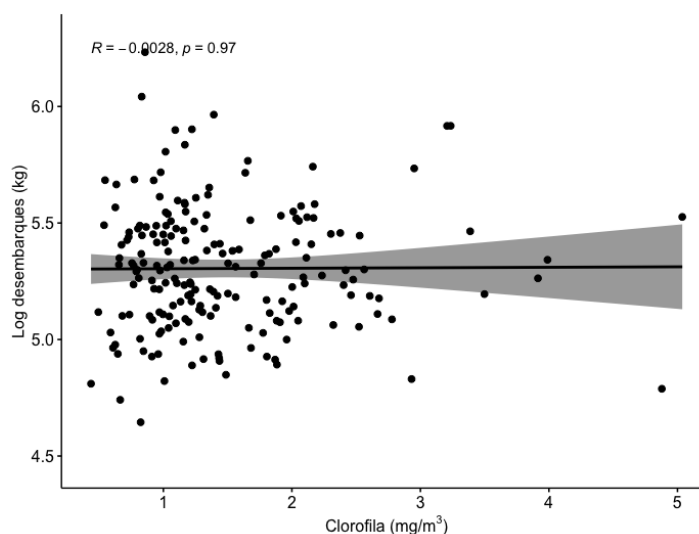


Fig. 4. Correlación entre la clorofila y el logaritmo de los desembarques (kg).

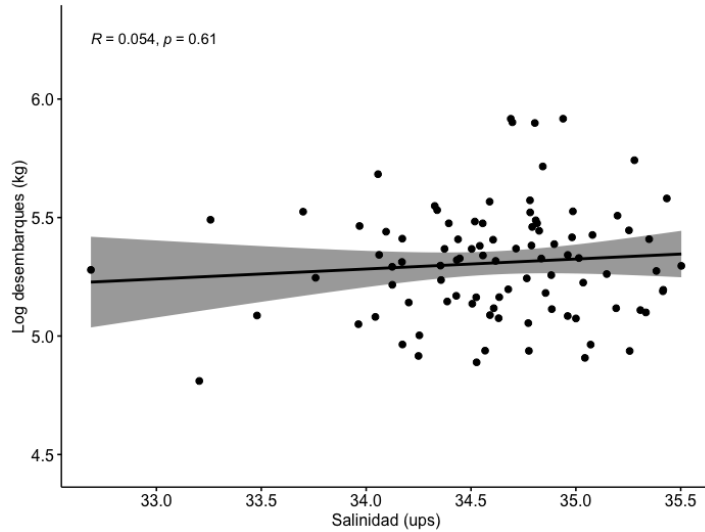


Fig. 5. Correlación entre la salinidad y el logaritmo de los desembarques (kg).

Las series de tiempo de los tres indicadores de exposición mostraron una alta variación (Figs. 6-8). Sin embargo, el análisis de medias móviles mostró una tendencia positiva para la temperatura, con una pendiente resultante de  $0.0058\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 6b), mientras que la concentración de clorofila y la salinidad tuvieron una tendencia negativa (Figs. 7b y 8b) con unas pendientes resultantes de  $-0.00004\text{ mg/m}^3$  y  $-0.00021\text{ ups}$  por mes, respectivamente.

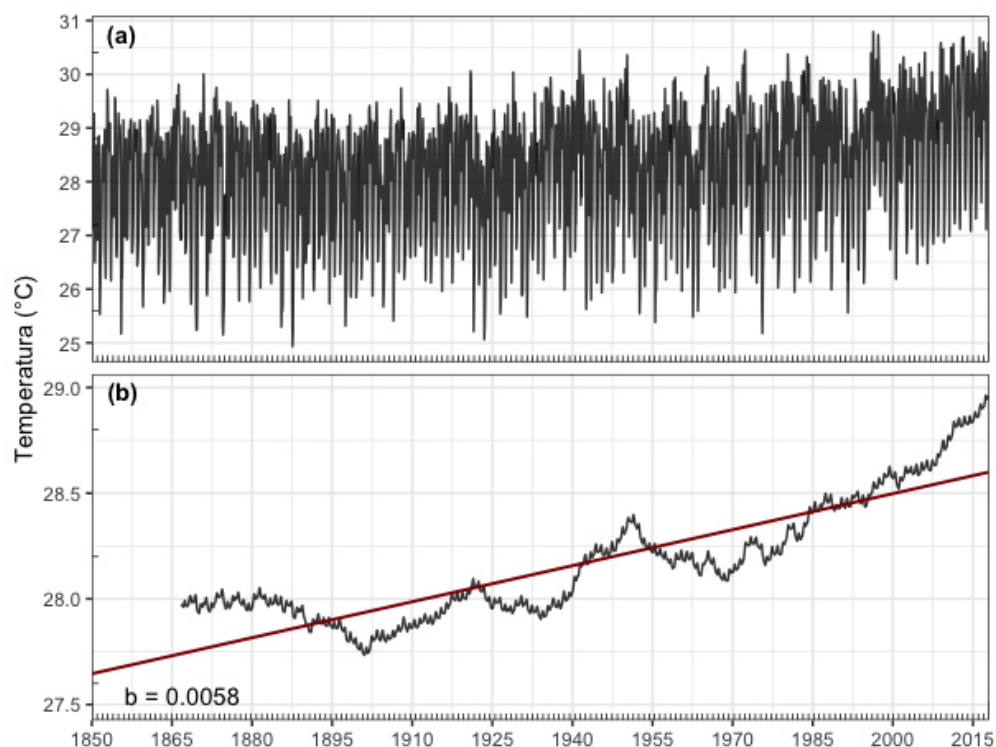


Fig. 6. Serie de tiempo de la temperatura superficial del mar frente a Talara. (a) Serie de tiempo mensual obtenida del modelo CMIP5 (b) Análisis de medias móviles con la pendiente de la temperatura superficial del mar.

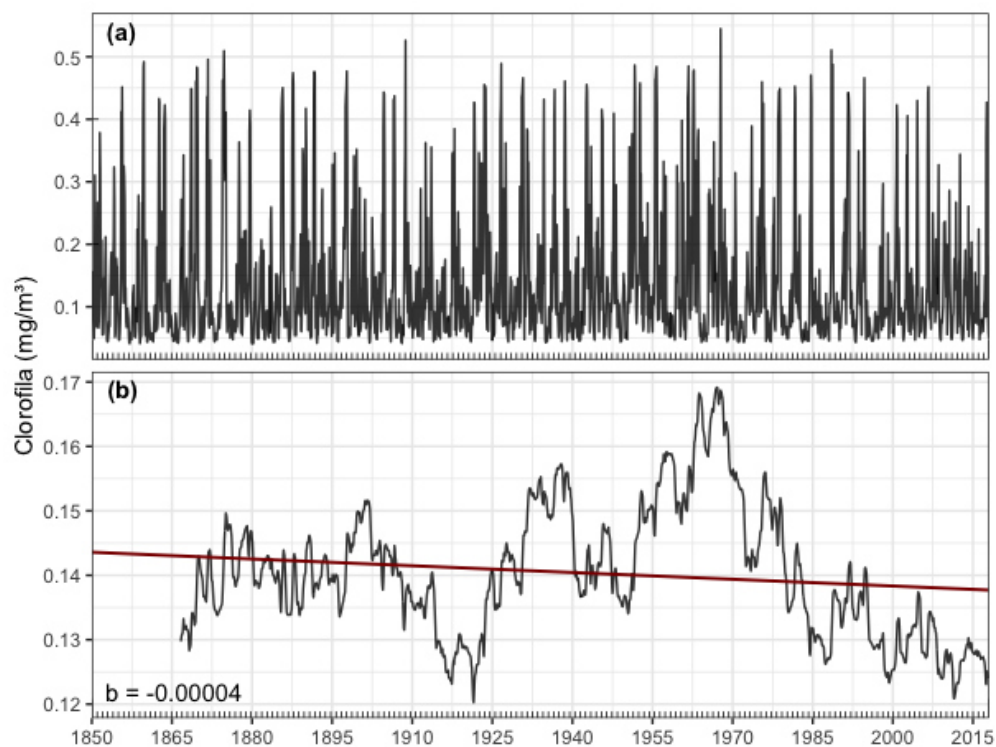


Fig. 7. Serie de tiempo de la concentración de clorofila frente a Talara. (a) Serie de tiempo mensual obtenida del modelo CMIP5 (b) Análisis de medias móviles con la pendiente de la concentración de clorofila.

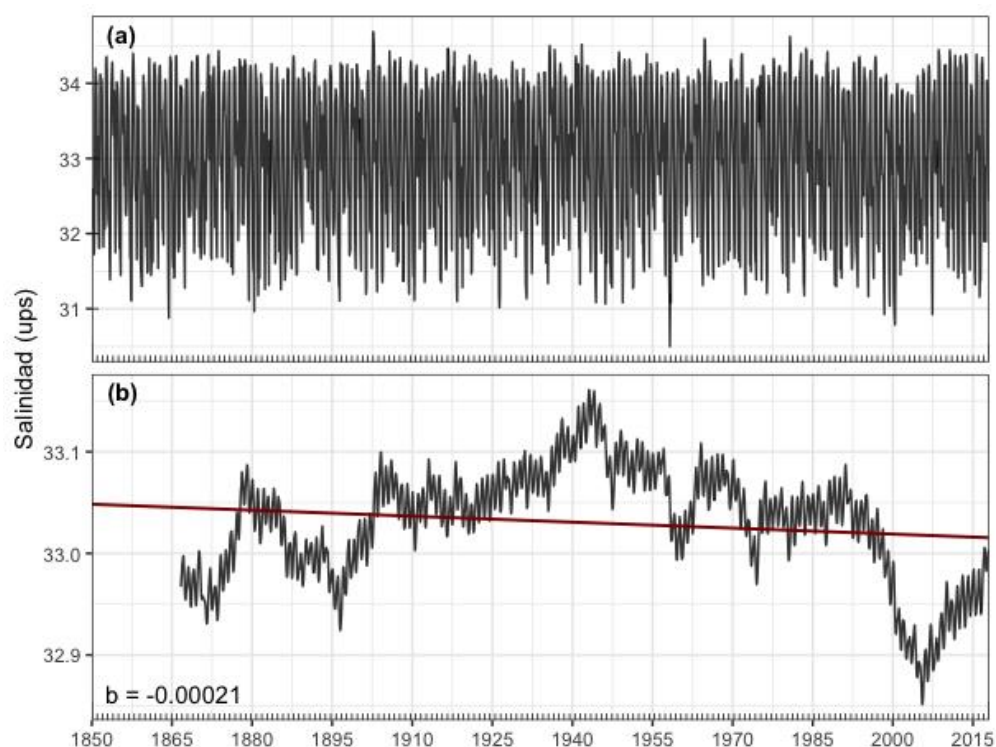


Fig. 8. Serie de tiempo de la salinidad del mar frente a Talara. (a) Serie de tiempo mensual obtenida del modelo CMIP5 (b) Análisis de medias móviles con la pendiente de la salinidad del mar.

Teniendo en cuenta que la pendiente de la TSM es  $0.0058\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el puntaje obtenido para las cuatro caletas es 3. En el caso de la clorofila, la pendiente resultante es  $-0.000038$ , dando como puntaje final para las cuatro caletas a 2. Finalmente, la pendiente de la salinidad es  $-0.000208$  y por lo tanto, el puntaje resultante para las cuatro caletas es 2 (Tabla 2).

Tabla 2. Puntajes de los indicadores de exposición.

EXPOSICIÓN	INDICADORES		VALORES OBTENIDOS				PUNTAJES RESULTANTES			
			Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
	EX1	Pendiente de la TSM	0.005796	0.005796	0.005796	0.005796	3	3	3	3
	EX2	Pendiente de la concentración de clorofila	-0.000038	-0.000038	-0.000038	-0.000038	2	2	2	2
	EX3	Pendiente de la salinidad	-0.000208	-0.000208	-0.000208	-0.000208	2	2	2	2
	Promedios finales						2.333	2.333	2.333	2.333

## 5.2. Sensibilidad y capacidad adaptativa actual

### 5.2.1. Sensibilidad Ecológica

#### a) Cambio en la diversidad de especies

El índice de Simpson evidenció el cambio en la diversidad de especies por caleta en los últimos 4 años. En Máncora, se observó una tendencia negativa no significativa ( $b = -0.0024$ ) en la diversidad de especies (Fig. 9), que corresponde a un puntaje de 2. En Los Órganos, se observó una tendencia negativa significativa ( $b = -0.0102$ ) en la diversidad de especies (Fig. 10), que corresponde a un puntaje de 3. En El Ñuro, se observó una tendencia positiva significativa ( $b = 0.0017$ ) en la diversidad de especies (Fig. 11), que corresponde a un puntaje de 2. En Cabo Blanco, se observó una tendencia positiva ( $b = 0.0033$ ) en la diversidad de especies (Fig. 12), que corresponde a un puntaje de 1 (Tabla 4 / Ver Anexo D).

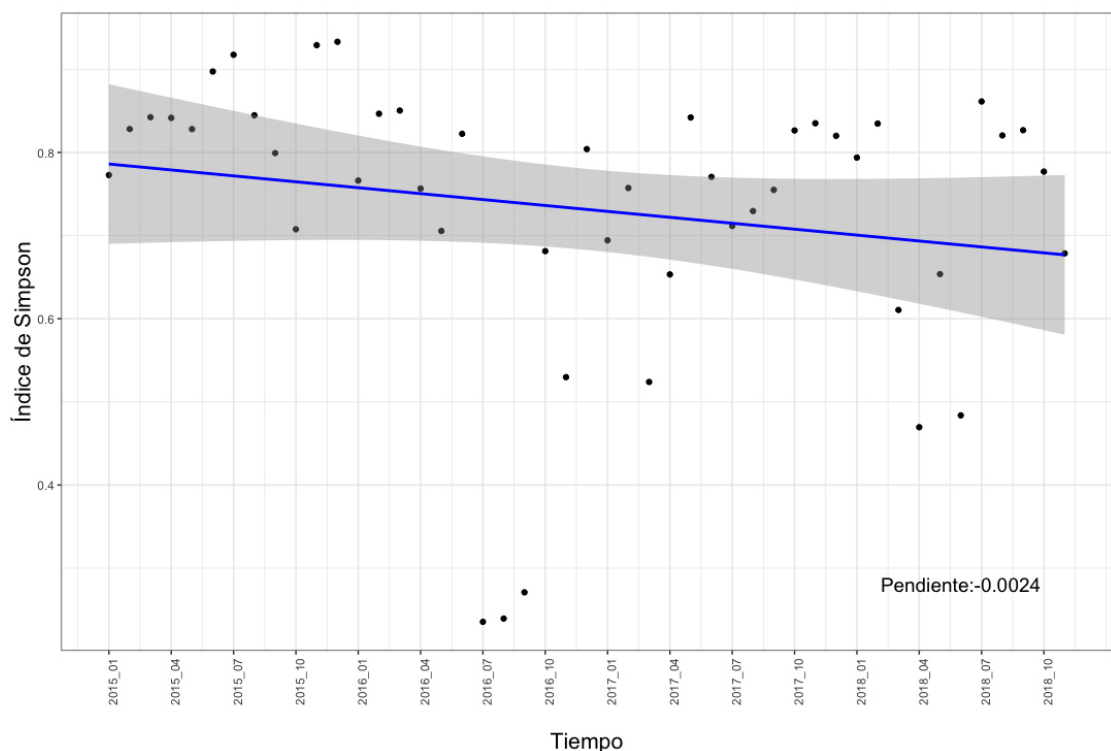


Fig. 9. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Máncora en el periodo 2015-2018 ( $p\text{-value}: 0.19$ ). El sombreado gris corresponde al intervalo de confianza (0.95).

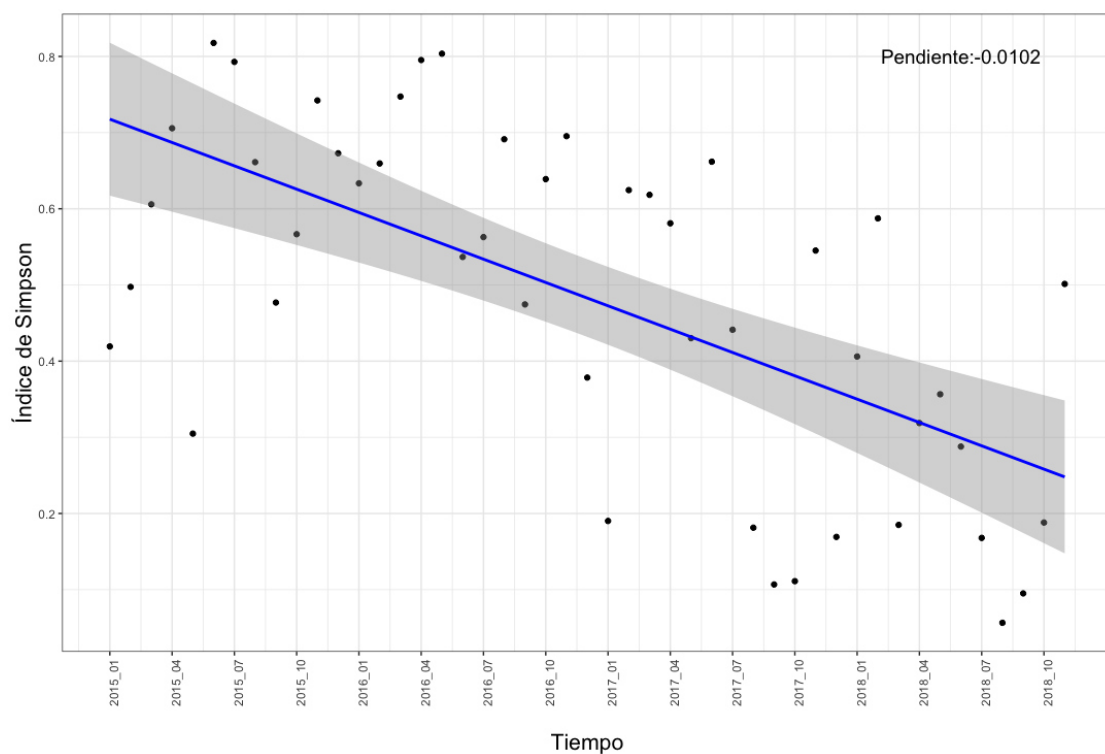


Fig. 10. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Los Órganos en el periodo 2015-2018 ( $p\text{-value: } 1.89e-06$ ). El sombreado gris corresponde al intervalo de confianza (0.95).

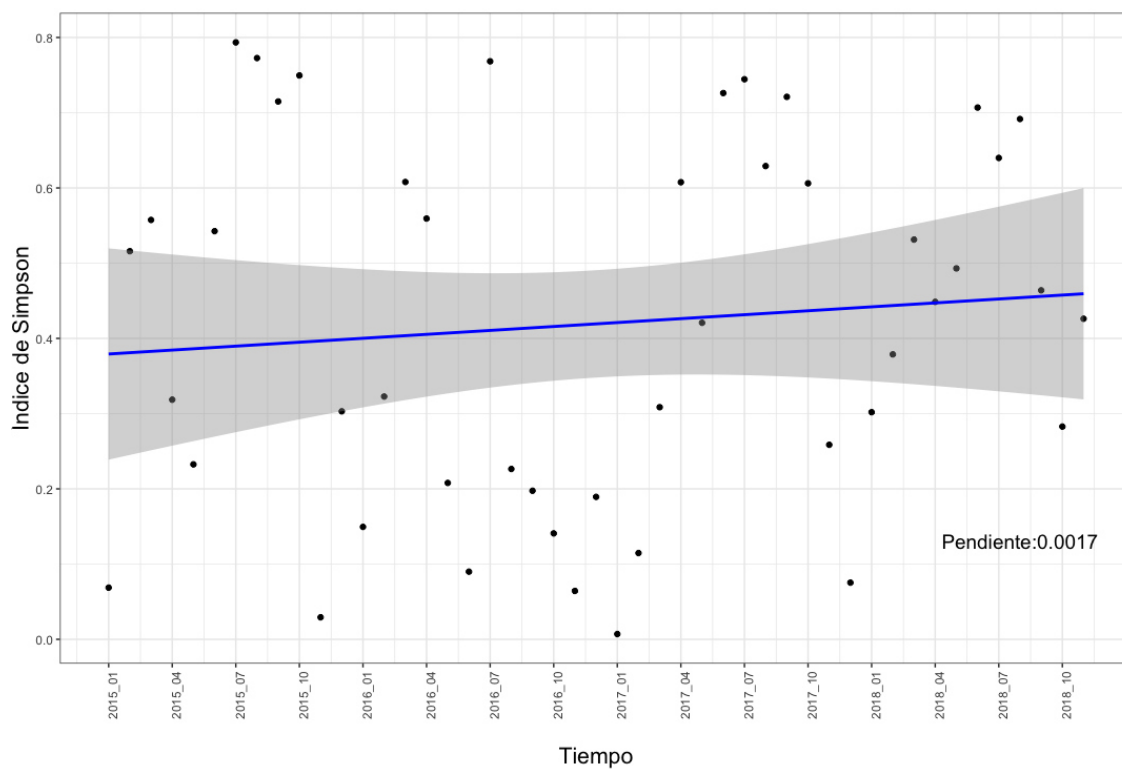


Fig. 11. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para El Ñuro en el periodo 2015-2018 ( $p\text{-value: } 0.51$ ). El sombreado gris corresponde al intervalo de confianza (0.95).

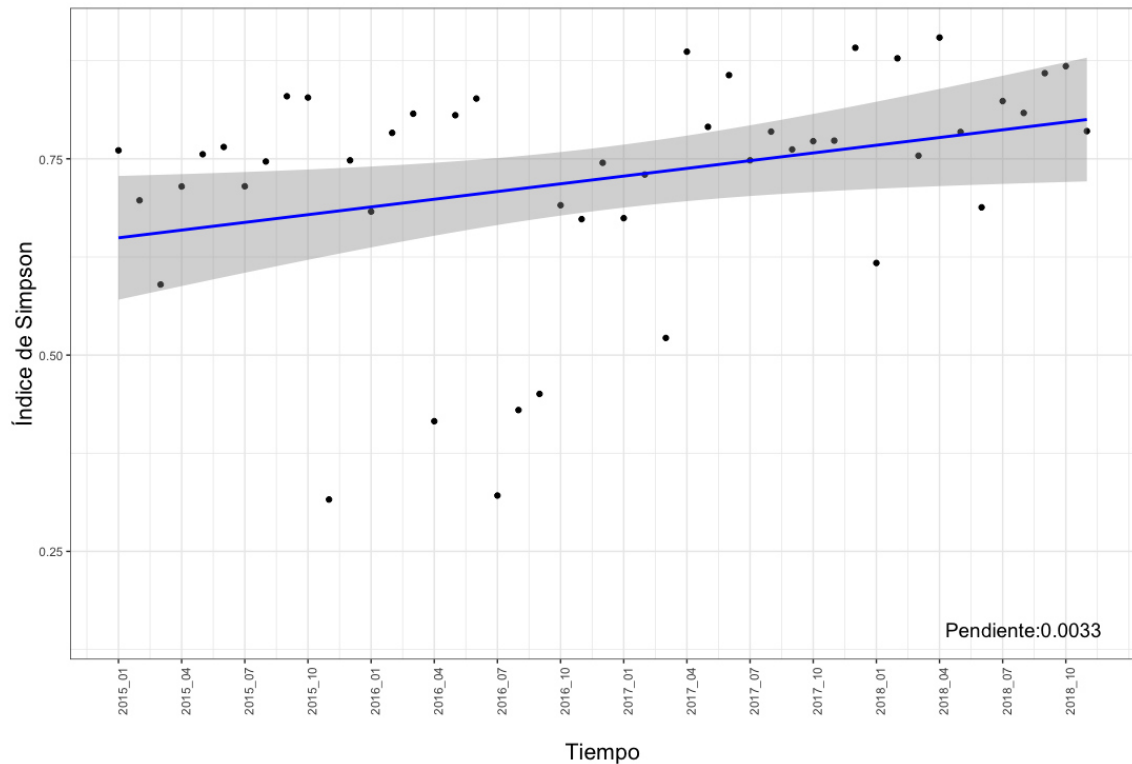


Fig. 12. Pendiente del índice de diversidad de Simpson para Cabo Blanco en el periodo 2015-2018 ( $p\text{-value}: 0.03$ ). El sombreado gris corresponde al intervalo de confianza (0.95).

b) Riqueza de especies (invertebrados bentónicos de importancia comercial) con bancos naturales

Los bancos naturales en la provincia de Talara correspondieron a dos especies de bivalvos, *Pteria externa* “concha perlífera” y *Donax* spp. “Palabritas” (Fig. 13). Ambos bancos se encontraron en el área correspondiente a la caleta de Los Órganos. Siendo este un valor bajo se consideró una sensibilidad media, y considerando que, en un futuro optimista, se esperaba recuperar al menos un banco adicional y en un futuro pesimista podría perder uno de los bancos existentes como un incremento en la sensibilidad, los valores menores a 2, corresponderían a una sensibilidad alta, los valores mayores a 2, una sensibilidad baja.



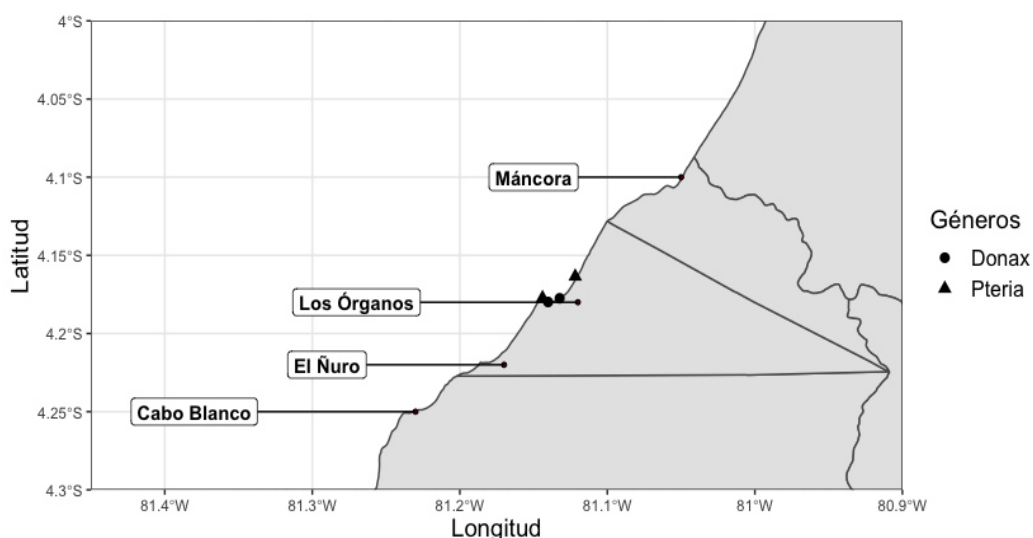


Fig. 13. Bancos naturales de Talara. Las caletas se encuentran señaladas con un marcador de norte a sur (Máncora, Los Órganos, El Nuro y Cabo Blanco). Los puntos rojos y celestes corresponden a las especies *Donax* spp. y *Pteria externa*, respectivamente.

#### c) Concentración de capturas

Todas las caletas presentaron índices de autocorrelación de Morán cercanos a cero; sin embargo, al hacer un análisis de pruebas bilaterales y unilaterales para identificar la dispersión de la distribución, se obtuvo distribuciones aleatorias como también distribuciones agregadas (Ver Anexo I).

#### d) Proporción de especies dominantes

Las caletas con mayor porcentaje de especies dominantes fueron Máncora y Los Órganos, en donde alcanzaron el 40% y 38.89%, respectivamente (Figs. 14 a-b, Tabla 3), indicando menor diversidad de especies. En El Nuro y Cabo Blanco, las especies dominantes representaron el 31.03% y 33.3%, respectivamente (Figs. 14 c-d, Tabla 3), evidenciando mayor diversidad de especies en el sur de Talara con respecto a Máncora y Los Órganos. Todos estos porcentajes están en el rango para la sensibilidad media por lo que se obtuvo el valor 2 (Tabla 4).

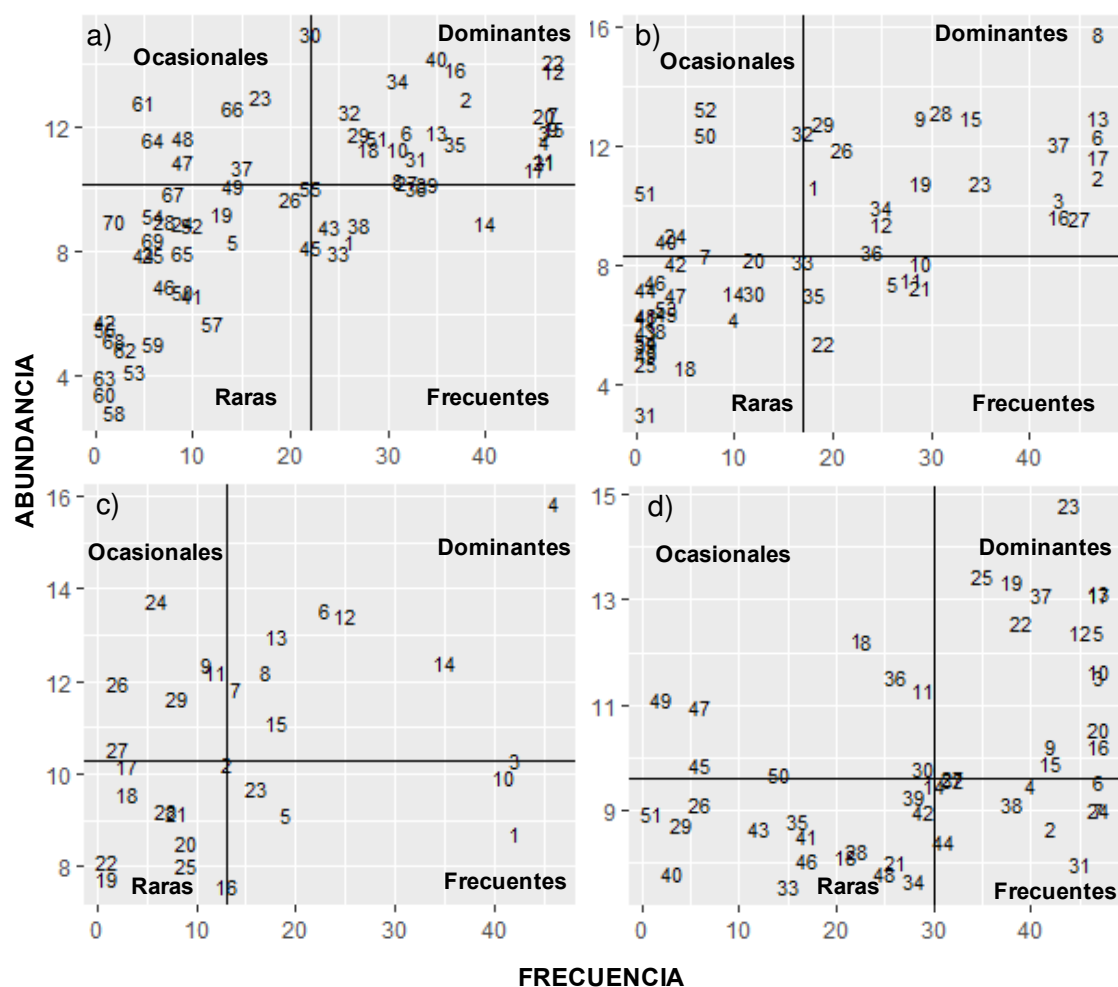


Fig. 14. Diagrama de riqueza total de Olmstead y Tukey aplicado a a) Máncora, b) Los Órganos, c) El Nuro y d) Cabo Blanco para el periodo 2015-2018. Los números indican qué especie corresponde a cada ubicación (ver Anexos / Lista de especies por caleta).

Tabla 3. Porcentaje de especies dominantes por caleta.

CALETAS	N° DOMINANTES	TOTAL DE ESPECIES	% DOMINANTES
Máncora	28	70	40.00
Los Órganos	21	54	38.89
El Nuro	9	29	31.03
Cabo Blanco	17	51	33.30

### 5.2.2. Sensibilidad Socioeconómica

#### a) Variación de la densidad poblacional

Máncora fue la única caleta que presentó una variación positiva en su densidad poblacional, indicando que en esta localidad el número de habitantes aumentó en más de 2000 personas en un periodo de 11 años (Tabla 5).

#### Selección de criterios:

Para la selección de criterios de la variación de la densidad poblacional, se consideró que un incremento de aproximadamente un 1% estaría alineado con las consecuencias del aumento poblacional esperado. Una variación negativa en la densidad poblacional significaría una sensibilidad socioeconómica baja para la caleta analizada, mientras que un incremento por encima del 1% sería considerado como una alta sensibilidad debido a más personas dependiendo directa o indirectamente de la actividad económica (Ver Anexo F).

Tabla 4. Puntajes de los indicadores de Sensibilidad Ecológica.

SENSIBILIDAD ECOLÓGICA	INDICADORES		VALORES OBTENIDOS				PUNTAJES RESULTANTES			
			Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
	SE1	Cambio en la diversidad de especies	-0.0024	-0.0102	0.0017	0.0033	2	3	2	1
	SE2	Riqueza de especies (invertebrados bentónicos de importancia comercial) con bancos naturales	0	2	0	0	1	2	1	1
	SE3	Concentración de capturas	Distribución agregada	Distribución agregada	Distribución aleatoria	Distribución aleatoria	3	3	2	2
	SE4	Proporción de especies dominantes	40	38.8	31.03	33.3	2	2	2	2
Promedios finales							2.0	2.5	1.75	1.5

Tabla 5. Variación de la densidad poblacional en Talara. Fuente: INEI.

CALETAS	CENSO 2007	CENSO 2017	% VARIACIÓN
Máncora	10547	12917	1.67
Los Órganos	9612	9425	-0.18
El Ñuro	9612	9425	-0.18
Cabo Blanco	7137	7059	-0.10

b) Proporción de pescadores artesanales en la comunidad

De las cuatro caletas, Cabo Blanco presentó la mayor proporción de pescadores artesanales, con más del 10%, seguido por El Ñuro, con cerca del 8%, mientras que en Máncora y Los Órganos, la proporción de pescadores estuvo por debajo del 5% (Tabla 6). Si bien Máncora tuvo la mayor población, El Ñuro contó con la mayor población pesquera.

Selección de criterios:

Para la selección de criterios de la proporción de pescadores artesanales en la comunidad se consideró el cociente del total de pescadores artesanales en el departamento de Piura que según la ENEPA III (Castillo, 2018) fue de 21943 y el número total de habitantes para las regiones costeras de Piura en el 2015 (año de ejecución de la ENEPA III) que fue de 230242 (INEI, 2017), con estos valores se obtuvo una proporción de 9.53; mientras que al incluir a todas las regiones de Piura (1844129 habitantes) dentro del análisis se obtuvo un valor de 1.19. A partir del promedio de estos valores (5.36), se situaron los límites para los criterios de este indicador. Siendo los valores menores a 5% los correspondientes a una sensibilidad baja, de 5 a 10% sensibilidad media y mayores al 10% a sensibilidad alta (Ver Anexo F).

Tabla 6. Proporción de pescadores artesanales en la comunidad en Talara.

CALETAS	ENEPa 2015	CENSO 2017	PROPORCIÓN
Máncora	634	12917	4.91
Los Órganos	462	9425	4.90
El Ñuro	751	9425	7.97
Cabo Blanco	741	7059	10.50

### c) Recursos turísticos marinos

Los recursos turísticos marinos fueron 2 playas para el distrito de Máncora, 6 playas para el distrito de Los Órganos y 1 playa y 1 caleta para el distrito de El Alto (Tabla 7).

#### Selección de criterios:

Los criterios asignados al tercer indicador de sensibilidad socioeconómica se basaron en el promedio del número de recursos turísticos marinos de Talara por distrito obtenidos del portal <http://sigmincetur.mincetur.gob.pe/turismo/>. Siendo un total de 17 recursos turísticos marinos para los 6 distritos analizados (Máncora, Lobitos, La Brea, El Alto, Los Órganos y Pariñas), dando un cociente de 2.83.

Por ello, lugares con ausencia de recursos turísticos, tendrán una sensibilidad baja; mientras que lugares que tengan hasta 3 recursos turísticos marinos serán considerados como sensibilidad media, y si el número de recursos turísticos marinos es mayor a 3, la sensibilidad socioeconómica será alta (Ver Anexo F).

Tabla 7. Recursos marinos turísticos en Talara.

Caleta Máncora – Distrito de Máncora	Caleta Los Órganos y El Ñuro – Distrito de Los Órganos	Caleta Cabo Blanco – Distrito de El Alto
- Playa Máncora	- Playa Los Órganos	- Playa Cabo Blanco
- Playa Las Pocitas	- Playa Vichayito	- Caleta Cabo Blanco
	- Playa Puerto Antiguo	
	- Playa Punta Veleros	
	- Playa El Ñuro	
	- Playa La Vuelta	

d) Área de la zona de pesca por embarcación

Máncora tuvo la zona de pesca más extensa y obtuvo el mayor cociente de área de zona de pesca por embarcación, mientras que El Ñuro tuvo el mayor número de embarcaciones, la menor zona de pesca y el menor cociente de área de zona de pesca por embarcación (Tabla 8). Todas las áreas de pesca se superponen; sin embargo, la de Máncora, cuya área es mayor, se extendió entre los 3°S y 7.5°S y llegó hasta los 84.5°W (Fig. 15). En Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco, el área de pesca varió entre 3.3°S y 4.8°S (Figs. 16-18).

Selección de criterios:

Se consideró que un área por embarcación mayor a 1km<sup>2</sup> correspondería a una sensibilidad baja, puesto que los pescadores tendrán mayor área de exploración y por lo tanto mayor probabilidades de captura. Por otro lado, áreas entre 0.5 y 1km<sup>2</sup> indicarán una sensibilidad media y áreas menores a 0.5 km<sup>2</sup> estarán vinculadas a sensibilidad alta (Ver Anexo F).

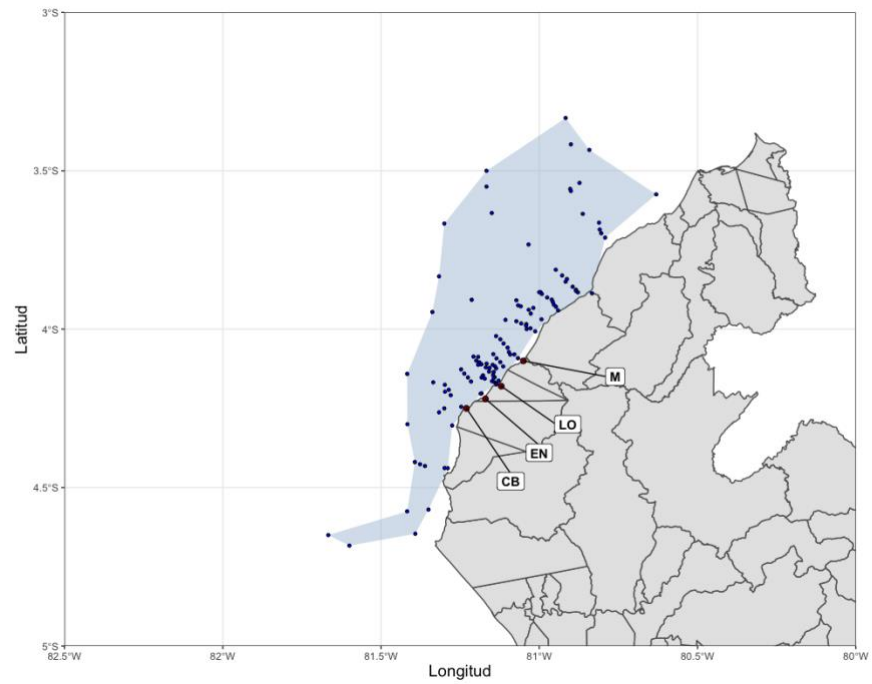


Fig. 15. Área de pesca de Máncora para el periodo 2015-2018. Los puntos azules corresponden a los puntos de pesca.

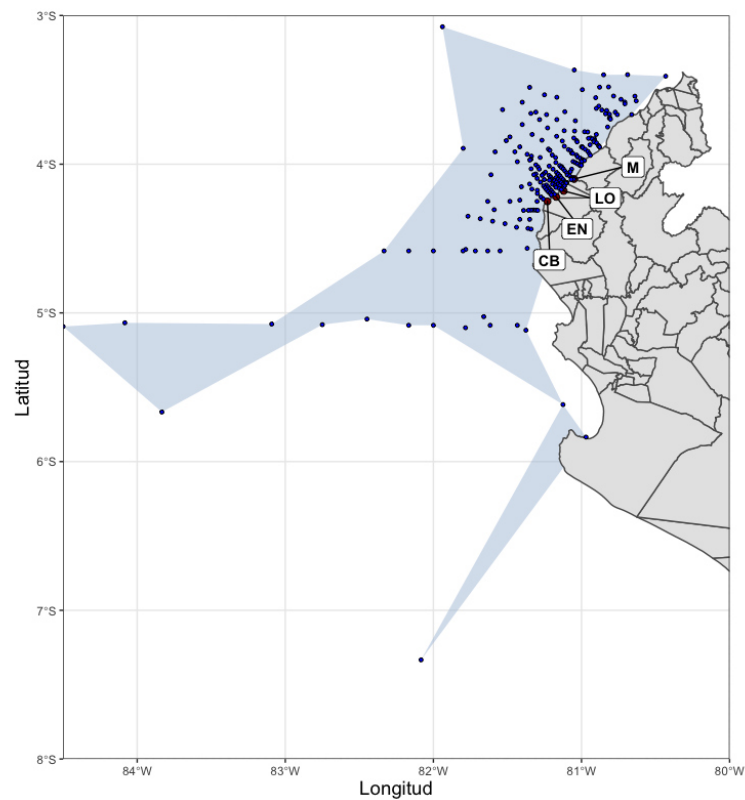


Fig. 16. Área de pesca para Los Órganos para el periodo 2015-2018. Los puntos azules corresponden a los puntos de pesca.



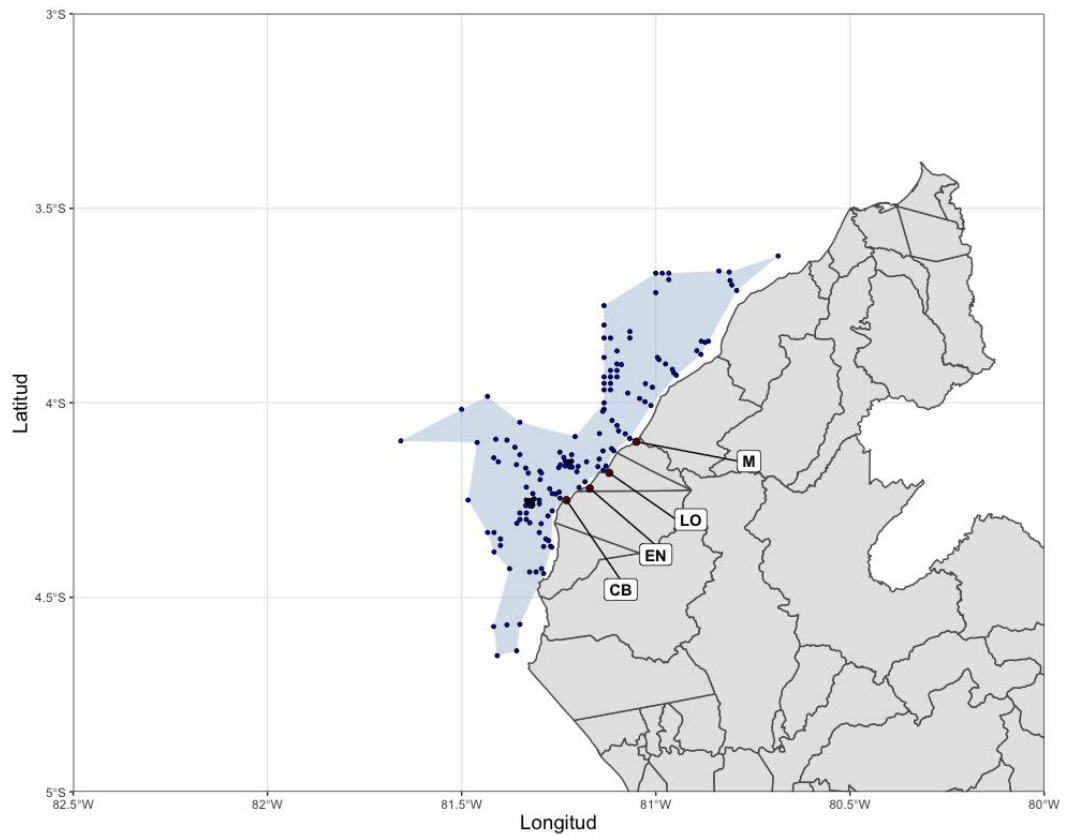


Fig. 17. Área de pesca para El Niño para el periodo 2015-2018. Los puntos azules corresponden a los puntos de pesca.

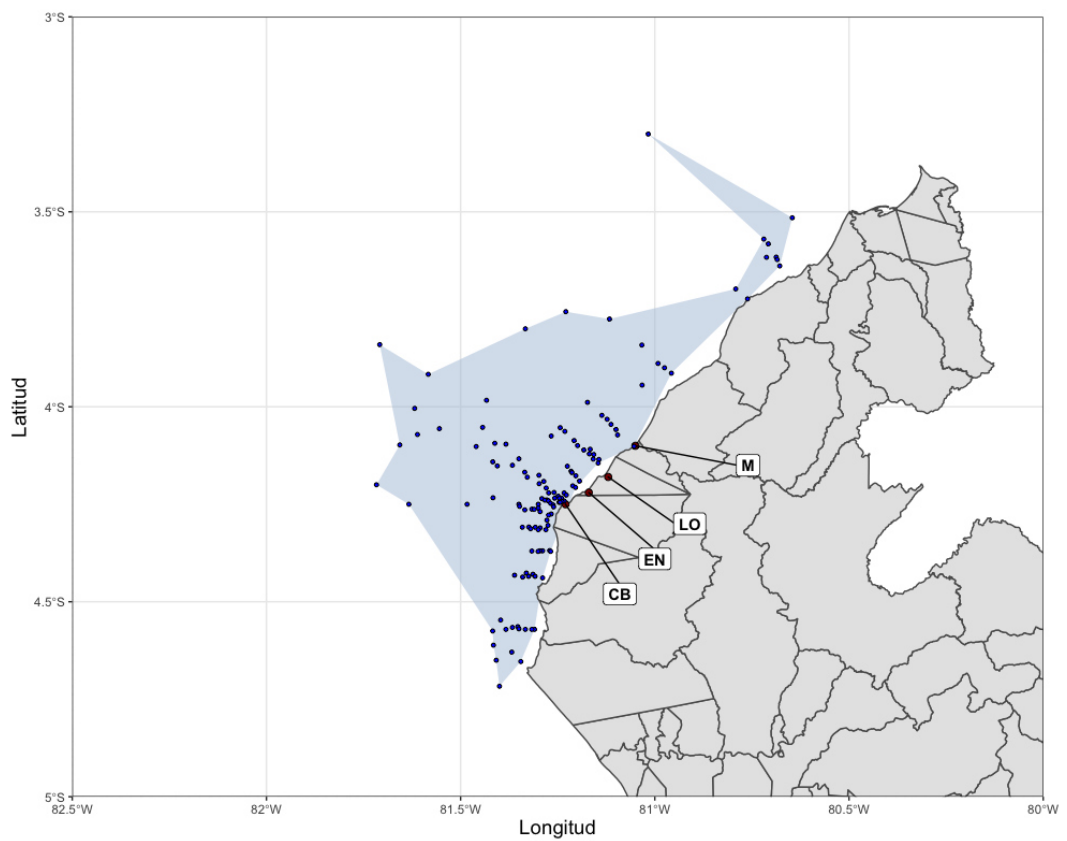


Fig. 18. Área de pesca para Cabo Blanco para el periodo 2015-2018. Los puntos azules corresponden a los puntos de pesca.

Tabla 8. Cociente entre el área de pesca y el número de embarcaciones en Talara.

CALETAS	ÁREA DE PESCA (km <sup>2</sup> )	Nº EMBARCACIONES	COCIENTE
Máncora	338.96	150	2.26
Los Órganos	45.59	105	0.43
El Ñuro	23.99	187	0.13
Cabo Blanco	46.20	186	0.25

e) Zonas de maricultura

Al consultar el Catastro Acuícola Nacional, se encontró la presencia de zonas maricultura en los distritos de El Alto y Los Órganos, específicamente las caletas de Cabo Blanco y Los Órganos, respectivamente (Tabla 9).

Selección de criterios:

La ausencia de zonas de maricultura indica una sensibilidad socioeconómica baja, mientras que la presencia de 1 o 2 de estas zonas indicará una sensibilidad media ya que al encontrarse presente será sensible a los efectos del cambio climática. Si el número de zonas de maricultura incrementa, la sensibilidad también aumentará (Ver Anexo F).

Tabla 9. Concesiones aprobadas para maricultura en Talara.

Los Órganos	Cabo Blanco
- Agromar del Pacífico S.A.	- Inka Terra Perú S. A. C.
- Gremio de pescadores artesanales San Pedro	

f) Distribución de capturas

La totalidad de las caletas tuvo la mayor cantidad de capturas dentro de las 5 mn (Fig. 19), ascendiendo a 118788.02 kg que corresponde al 84.77% del total (Tabla 10). En Los Órganos se desembarcó la mayor captura (37.32%) dentro de las 5 mn (Fig. 19b). De la misma manera en El Ñuro se obtuvo la mayor captura (34.12%) entre las 5

mn y 10 mn (Fig. 19c), mientras que Máncora presentó la mayor captura (63.99%) fuera de las 10 mn (Fig. 19a).

#### Selección de criterios:

Los criterios seleccionados para este indicador se basaron en la división oficial de la pesca artesanal en el Perú donde señalan las 5 millas como una zona estrictamente destinada para la pesquería artesanal y de pequeña escala, desde las 5 hasta las 10 millas a la pesquería de pequeña escala o para pesquerías destinadas a consumo humano directo, y más allá de las 10 millas las flotas son industriales, ya que se necesitan equipos de refrigeración y tecnología más avanzada para recorrer mayores distancias. Dado que el presente estudio se basa en pesquería artesanal, se consideró que dentro las 5 millas la sensibilidad socioeconómica es baja, puesto que el esfuerzo invertido es menor que cuando se recorren distancias mayores; es por eso que para distancias mayores a 10 mn, se considera una sensibilidad alta (Ver Anexo F).

Tabla 10. Distribución de capturas (kg), las millas expresan la distancia a la línea de costa.

CALETAS	< 5 mn	5– 10 mn	> 10 mn
Máncora	25069.68	2647.88	6650.10
Los Órganos	44335.17	1956.62	1959.85
El Ñuro	34097.80	3736.81	735.04
Cabo Blanco	15285.37	2609.06	1047.95

#### g) Aporte económico de la pesquería

Los mayores porcentajes de la población económicamente activa (PEA) dedicada a la actividad pesquera se presentaron en las caletas de Los Órganos (20.9 %) y El Ñuro (20.9 %), ambas pertenecientes al distrito de Los Órganos. Los distritos de Máncora (Máncora) y El Alto (Cabo Blanco) llegaron a valores de 11% y 13.6%, respectivamente.

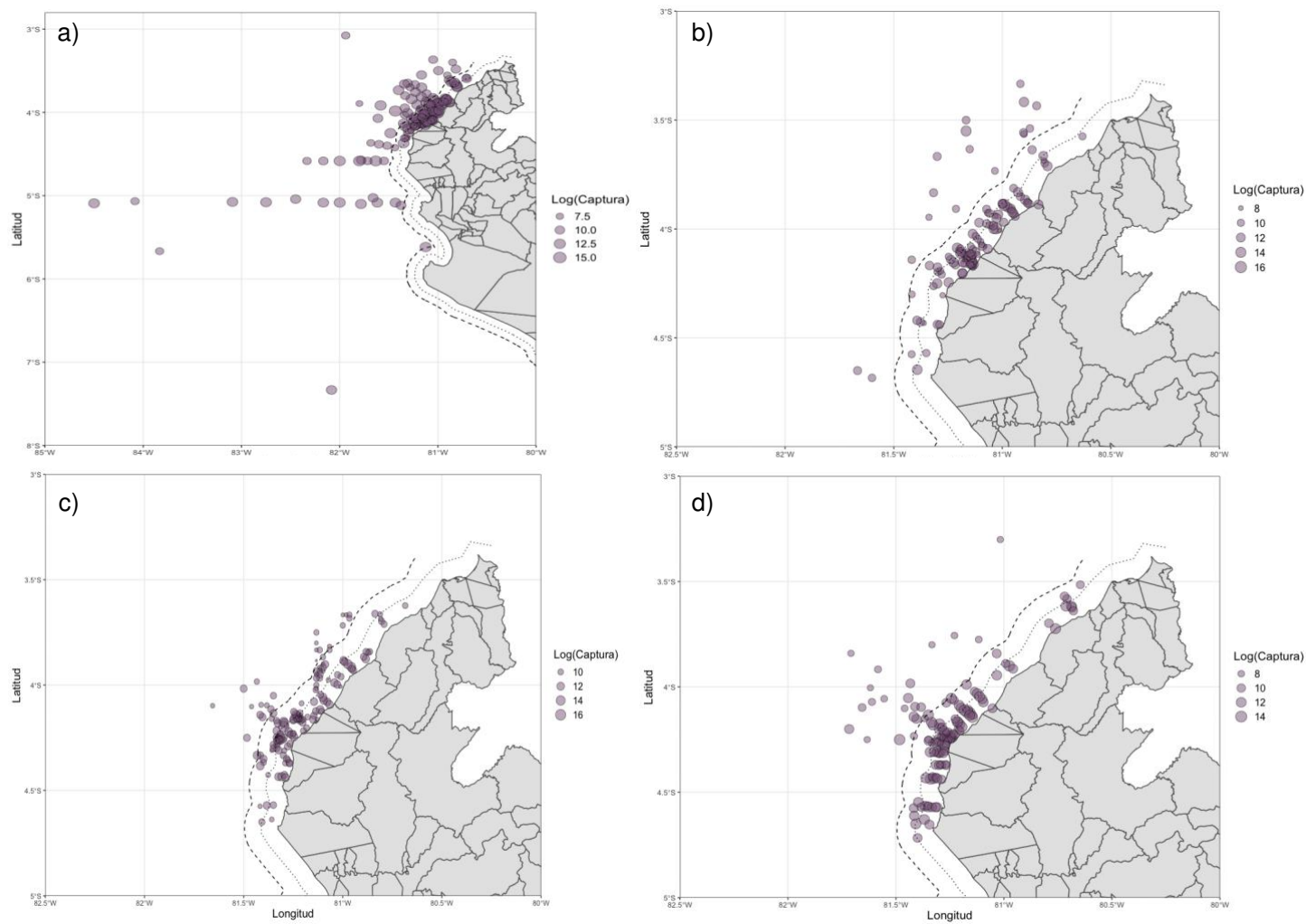


Fig. 19. Distribución de capturas (kg) desembarcadas en las caletas de a) Mánzora, b) Los Órganos, c) El Nuro y d) Cabo Blanco. Las líneas punteada y discontinua indican las distancias de 5 mn y 10 mn, desde la costa, respectivamente.

### Selección de criterios:

Los criterios seleccionados para este indicador se propusieron en base a los resultados obtenidos del aporte económico de la pesquería por caleta. Si bien esta actividad es importante en todas las caletas analizadas, lugares como Máncora y Cabo Blanco ofrecen otras actividades económicas alternativas con más frecuencia que las existentes en Los Órganos y El Ñuro. Es por eso que el límite se estableció en menos del 15% de la PEA dedicada al rubro, como sensibilidad baja; entre el 15% y 25% como sensibilidad media y más del 25% como sensibilidad alta (Ver Anexo F).

Los puntajes asignados a los indicadores de sensibilidad socioeconómica resultaron en promedios 1.429, 1.857, 1.857 y 1.857 para las caletas de Máncora, Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco, respectivamente (Tabla 11).

Tabla 11. Puntajes de los indicadores de Sensibilidad Socioeconómica.

SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA	INDICADORES		VALORES OBTENIDOS				PUNTAJES RESULTANTES			
			Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
	SS1	Densidad poblacional	1.668	-0.180	-0.180	-0.100	3	1	1	1
	SS2	Proporción de pescadores	4.908	4.902	7.968	10.497	1	1	2	3
	SS3	Recursos turísticos	2	6	6	2	2	3	3	2
	SS4	Zona de pesca por embarcación	2.260	0.434	0.128	0.248	1	3	3	3
	SS5	Zonas de maricultura	0	2	0	1	1	2	1	2
	SS6	Distribución de capturas	1	1	1	1	1	1	1	1
	SS7	Aporte económico de la pesquería	11	20.9	20.9	13.6	1	2	2	1
	Promedios finales						1.429	1.857	1.857	1.857

### 5.2.3. Capacidad Adaptativa Ecológica

#### a) Presencia de Áreas Naturales Protegidas marinas

En Perú, no existen áreas naturales protegidas exclusivamente marinas, pero sí existen áreas marino-costeras protegidas, las cuales comparten áreas costeras y zonas ubicadas en el litoral peruano (Reserva Nacional de Paracas, la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras y la Reserva Nacional de San Fernando).

#### Selección de criterios:

Se asumió como la variable de este indicador al número de áreas protegidas más uno, dado que al momento de hacer un cociente no es posible ejecutar la división entre 0. Si la caleta evaluada no presenta ANPs, esto significa que no hay ninguna zona de amortiguamiento para las especies afectadas por la actividad pesquera, lo que indicaría una capacidad adaptativa baja. Por otro lado, la presencia de al menos 1 o 2 ANPs brindaría una capacidad adaptativa media y más de 2 ANPs, correspondería a una capacidad adaptativa alta (Ver Anexo J).

#### b) Tamaño del ANP marina

Debido a la falta de ANP marinas, el tamaño es cero.

#### Selección de criterios:

Efectivamente al no tener presencia de ANPs, el tamaño de éstas es inexistente. Sin embargo, este indicador se estableció pensando en que en un futuro optimista la existencia de ANPs proveerá un incremento de la capacidad adaptativa ecológica. En los criterios propuestos, la inexistencia de áreas naturales protegidas equivale a CAE baja, mientras que ANPs hasta 100 km<sup>2</sup> de extensión proveerán una CAE media y ANPs con una extensión mayor incrementarán la CAE hacia un nivel alto (Ver Anexo J).

c) Proporción del ANP marina y el área de pesca

La proporción resultante también resulta ser cero por la falta de ANPs marinas.

Selección de criterios:

La inexistencia de ANPs marinas corresponde a una CAE baja, mientras que tener un ANP que cubra hasta el 30% del área de pesca proveerá una CAE media, considerando que los rangos de áreas de pesca para las caletas evaluadas varían entre 23.99 km<sup>2</sup> (El Ñuro) hasta 338.96 km<sup>2</sup> (Máncora). El valor de 30% se estableció en coherencia con el indicador de CAE explicado en el inciso b de esta sección. Por último, proporciones mayores al 30% indicarán una CAE alta (Ver Anexo J).

d) Índice de Sostenibilidad Ecosistémica Ponderada de las artes de pesca

El índice de Sostenibilidad Ecosistémica ponderada fue mayor en El Ñuro llegando a 3.50 indicando el uso de artes de pesca más sostenibles, mientras que el valor más bajo se obtuvo en la caleta de Cabo Blanco llegando a 2.11 indicando un uso de artes de pesca no sostenibles. Máncora y Los Órganos obtuvieron valores intermedios de 2.55 y 2.68, respectivamente.

Selección de criterios:

El ISEP usa los valores del Índice de Impacto Ecosistémico (Tabla 4) planteado por Salazar (2018) que toma valores del 1 al 5, siendo 5 correspondiente a artes de pesca amigables con el ecosistema marino y 1 a artes desfavorables. Para la elaboración de los criterios se tomó como extremos los valores reales del IIE, siendo el menor valor 1.8 y el mayor valor 4.2. Por lo que se definió como CAE baja a los valores menores a 2.6, CAE media para valores entre 2.6 y 3.4, y CAE alta para valores mayores a 3.4 (Ver Anexo J).

Los puntajes resultantes de los indicadores de capacidad adaptativa ecológica fueron plasmados en la Tabla 12.



#### 5.2.4. Capacidad Adaptativa Socioeconómica

##### a) Índice de desarrollo humano

Los distritos de Los Órganos (caletas de Los Órganos y El Ñuro) y El Alto (Cabo Blanco) presentaron un valor de 0.499 de IDH, mientras que Máncora tuvo un valor ligeramente menor de 0.494.

#### Selección de criterios:

Los criterios establecidos para el índice de desarrollo humano se basaron en los valores posibles para este índice, que va de 0 a 1. Por lo que valores desde 0 hasta 0.33 son considerados como CAS baja, desde 0.34 hasta 0.66, CAS media y desde 0.67 hasta 1, CAS alta (Ver Anexo K).

Tabla 12. Puntajes de los indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA ECOLÓGICA	INDICADORES		VALORES OBTENIDOS				PUNTAJES RESULTANTES			
			Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
	CAE1	Presencia de Áreas Naturales Protegidas (ANP) marinas	1	1	1	1	1	1	1	1
	CAE2	Tamaño del ANP	100	100	100	100	1	1	1	1
	CAE3	Proporción del ANP y la zona de pesca	1	1	1	1	1	1	1	1
	CAE	Sostenibilidad ecosistémica ponderada de las artes de pesca	2.55	2.68	3.50	2.11	1	2	3	1
Promedios finales							1	1.25	1.5	1

b) Indicador de 'No pobreza'

El distrito de El Alto, correspondiente a la caleta de Cabo Blanco, obtuvo el mayor porcentaje de población 'No pobre' alcanzando el 86.8%, seguido por el distrito de Los Órganos, correspondiente a las caletas de Los Órganos y El Ñuro, con 75% y finalmente por Máncora con 54.20%.

Selección de criterios:

Para este indicador se consideró una CAS baja cuando el porcentaje de población 'No pobre' era menor del 60%, una CAS media si este porcentaje se encontraba entre 60% – 80% y una CAS alta, si el porcentaje sobrepasaba el 80%. Puesto que un valor alto de población 'No pobre' indica mayor probabilidad de adaptación en otros rubros alternos a la actividad pesquera (Ver Anexo K).

Los puntajes resultantes de los indicadores de capacidad adaptativa socioeconómica están plasmados en la Tabla 13.

Tabla 13. Puntajes de los indicadores de capacidad adaptativa socioeconómica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA SOCIOECONÓMICA	INDICADORES		VALORES OBTENIDOS				PUNTAJES RESULTANTES			
			Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
	CAS1	Índice de desarrollo humano	0.4938	0.4989	0.4989	0.4989	2	2	2	2
	CAS2	Indicador de 'No Pobreza'	54.20%	75%	75%	86.60%	1	2	2	3
Promedios finales							1.5	2	2	2.5

### 5.3. Vulnerabilidad Socioecológica Actual

El promedio final de la exposición fue alto en todas las caletas alcanzando un valor de 0.667. Sin embargo, el mayor valor de la sensibilidad ecológica fue encontrado en Los Órganos (0.750), y el menor en Cabo Blanco (0.250). En el caso de la sensibilidad socioeconómica, El Ñuro, Los Órganos y Cabo Blanco obtuvieron un valor máximo (0.429) y Máncora el menor (0.214) (Tabla 14).

Los puntajes de impacto potencial ecológico y socioeconómico mostraron valores medios (0.34 – 0.66) y altos (0.67-1. Los Órganos fue la caleta con mayor impacto potencial ecológico (0.708), mientras que Cabo Blanco obtuvo el menor valor en esta categoría (0.458). Por otro lado, el impacto potencial socioeconómico fue mayor en El Ñuro, Los Órganos y Cabo Blanco (0.548) y menor en Máncora (0.44) (Tabla 14).

La falta de capacidad adaptativa ecológica presentó valores altos (0.67-1) en todas las caletas; no obstante, cabe resaltar que El Ñuro mostró un valor menor (0.750) en comparación a las demás caletas. Por el contrario, la capacidad adaptativa económica presentó valores variados (bajos, medios y altos), resaltando Máncora por tener el mayor valor (0.750) (Tabla 14).

La vulnerabilidad ecológica de la caletas de Los Órganos y Máncora fue la más alta alcanzando un valor de 0.792. Mientras que la vulnerabilidad socioeconómica más alta la registró Máncora con un valor medio de 0.595 (Tabla 14).

Con respecto a la vulnerabilidad socioecológica, la mayoría de caletas (Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco) presentó valores medios (0.34 – 0.66), siendo la caleta de Cabo Blanco la menos vulnerable con un valor de 0.564, mientras que la de Máncora la más vulnerable con un valor alto de 0.693 (Tabla 14).

La vulnerabilidad socioecológica actual de Talara fue de 0.624 correspondiente a una vulnerabilidad media ( $p < 0.05$ ), acorde con la hipótesis planteada en el presente trabajo (Tabla 14, Fig. 20).

Tabla 14. Puntajes finales de la Vulnerabilidad Socioecológica actual por caleta.

PUNTAJES FINALES				
CALETAS	Máncora	Los Órganos	El Ñuro	Cabo Blanco
EX	0.667	0.667	0.667	0.667
SE	0.500	0.750	0.375	0.250
SS	0.214	0.429	0.429	0.429
IMPACTO POTENCIAL				
IP – ECO	0.583	0.708	0.521	0.458
IP – SOC	0.440	0.548	0.548	0.548
FALTA DE CAPACIDAD ADAPTATIVA				
F-CAE	1.000	0.875	0.750	1.000
F-CAS	0.750	0.500	0.500	0.250
VULNERABILIDAD POR COMPONENTE				
V - ECO	0.792	0.792	0.635	0.729
V - SOC	0.595	0.524	0.524	0.399
VULNERABILIDAD FINAL				
VSE	0.693	0.658	0.580	0.564

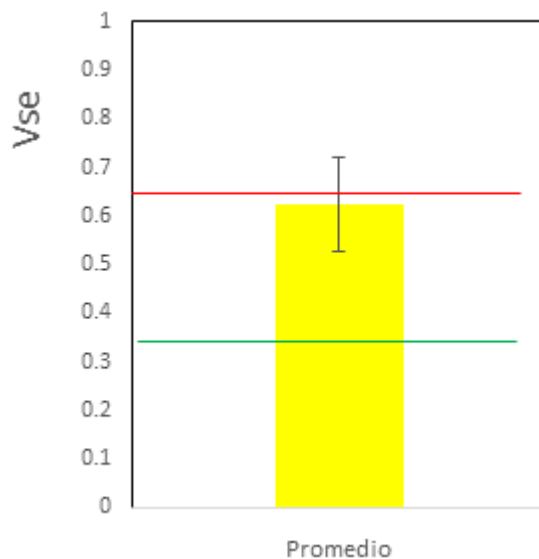


Fig. 20. Vulnerabilidad Socioecológica promedio actual de las comunidades pesqueras artesanales de Talara. Bigotes indican límites al 95 % de confianza. La línea verde indica el límite superior de un valor bajo de Vulnerabilidad (0.33), la línea roja indica el límite superior de un valor medio de Vulnerabilidad (0.66).

## 6. Discusión

La vulnerabilidad de un sistema socioecológico al cambio climático está definida por la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de sus diferentes componentes (IPCC, 2001). En el presente estudio, la evaluación de las comunidades pesqueras en la zona de Talara resultó en una vulnerabilidad socioecológica actual media (0.624), principalmente debido a los valores altos de falta de capacidad adaptativa ecológica y exposición del sistema.

Los hallazgos encontrados en el presente estudio indican que el incremento de temperatura se encuentra relacionado con la disminución de los desembarques. Numerosos estudios explican que esta relación estaría siendo causada por la migración de especies hacia lugares con temperaturas más adecuadas (nicho termal) generando una disminución de capturas en los trópicos y un aumento de las mismas en zonas templadas, así como la disminución en el reclutamiento de las mismas por factores fisiológicos (Brander, 2007; 2010, Cheung *et al.*,

2010, Barange *et al.*, 2014, Bennet *et al.*, 2019). En el presente estudio, la salinidad y la clorofila presentaron relaciones no significativas con los desembarques a pesar de ser estas variables recomendadas para estudios de vulnerabilidad al cambio climático (Licuanan *et al.*, 2012). Sin embargo, estas relaciones no significativas podrían estar relacionadas a la extensión de la grilla de los datos obtenidos para este análisis que sería más adecuada para estudios regionales que locales. Se resalta la importancia de trabajar con datos a una escala más fina dado que caletas, como Cabo Blanco, que se encuentren cercanas al punto sur del área evaluada podrían presentar condiciones características de la zona de transición (Ibanez-Erquiaga *et al.* 2018). Otros estudios utilizaron la variación estacional, frecuencia de tormentas y la exposición al oleaje como variables de exposición (Mamauag *et al.*, 2013, Griffiths, 2016); no obstante, estas variables no son aplicables al área de estudio de la presente investigación puesto que la variación estacional es despreciable en áreas cercanas al ecuador terrestre, no existe registro de tormentas en el área evaluada y finalmente la pesquería evaluada no se encuentra limitada a la zona intermareal por lo que la exposición al oleaje no sería relevante.

Los promedios encontrados para la sensibilidad ecológica, señalan que Los Órganos es la caleta más sensible, mientras que Cabo Blanco es la menos sensible para este componente. Estos resultados son consecuencia de una declinación significativa en la diversidad de especies en la caleta de Los Órganos y de un aumento significativo en la caleta de Cabo Blanco. Al respecto, se ha mostrado anteriormente a la diversidad de especies como una forma de resiliencia de los ecosistemas, puesto que una mayor diversidad de especies implica mayor variedad de nichos ecológicos y un mayor número de estrategias de adaptación fisiológica o conductual proveyendo de plasticidad al ecosistema afectado (Webster *et al.*, 2017, Donelson *et al.*, 2019). Asimismo, la presencia de bancos naturales en la caleta de Los Órganos es otro factor esencial para el incremento de sensibilidad ecológica en la misma, debido a que muestra la susceptibilidad de los megadesovadores a los efectos del cambio

climático. Adicionalmente, la caleta de Los Órganos presentó una distribución agregada de las capturas, que podría estar relacionada con una menor disponibilidad de hábitats potenciales (Jalali *et al.*, 2015) y por ende un incremento la sensibilidad del sistema.

Los indicadores de sensibilidad socioeconómica son una muestra general del estado de la actividad económica en cada caleta evaluada y en su mayoría apuntan hacia el grado de dependencia existente entre la población general y la actividad pesquera. Las caletas de Los Órganos, El Ñuro y Cabo Blanco presentaron los mayores valores de sensibilidad socioeconómica, por tratarse de poblaciones netamente pesqueras. A pesar de que los resultados ya indican una dependencia existente entre la población general y la actividad pesquera en estas caletas, es necesario hacer mención de una posible subestimación de la sensibilidad socioeconómica de las caletas de Los Órganos y El Ñuro, puesto que muchos de los indicadores analizados fueron calculados a nivel distrital y ambas caletas pertenecen al distrito de Los Órganos, por lo que probablemente la dependencia entre estas poblaciones y la actividad pesquera sea aún mayor. Uno de los indicadores más informativos dentro de este grupo, fue el correspondiente al área de la zona de pesca por embarcación, que fue menor a 1 km<sup>2</sup> para las caletas con mayor dependencia, dando a inferir una mayor presión de pesca y mayor competencia entre pescadores. La caleta con menor sensibilidad socioeconómica fue Máncora, por tener poca población dedicada al sector (presencia de otras actividades económicas alternativas) y como consecuencia pocos ingresos de este rubro, así como una mayor área de pesca por embarcación. Es preciso enfatizar que en este estudio no se consideró la población flotante (entrada y salida de turistas), ya que no se encontraron reportes oficiales a nivel local.

La habilidad del sistema para ajustarse a perjuicios potenciales o capacidad adaptiva (IPCC, 2001), también fue dividida en los componentes ecológico y socioeconómico, ya que las



posibilidades de adaptación serán distintas en los diferentes componentes. Esta investigación, señaló a El Ñuro como la caleta con la mayor posibilidad de hacer frente a los efectos del cambio climático en el componente ecológico. Ya que esta caleta presentó un mayor valor de sostenibilidad ecosistémica de las artes de pesca, es decir, en esta caleta existe un mayor uso de artes de pesca sostenibles y prácticas ancestrales, como lo menciona la resolución viceministerial N° 117-2018-VMPCIC-MC que reconoce a estas prácticas asociadas a la navegación y pesca tradicional como patrimonio cultural en las caletas de El Ñuro y Cabo Blanco, asimismo el documento señala que la pesca tradicional se caracteriza por su alto grado de selectividad, no perturbación del fondo marino y el uso de embarcaciones que no requieren de combustible fósil. Por otro lado, cabe resaltar que en Talara existen numerosos reportes de noticias (El Comercio, Peru21, La República, El Regional Piura) referidas a pesquería ilegal utilizando artes de pesca no sostenibles (arrastre costero) y extracción de ejemplares por debajo de la talla mínima; si bien no hay reportes científicos que cuantifiquen el impacto de este hecho en el área, entre las consecuencias se encuentran la pérdida de hábitat y la interrupción de la dinámica de las poblaciones de recursos marinos. Los demás indicadores tuvieron valores bajos de capacidad adaptativa ecológica por la ausencia de áreas protegidas marinas que, en caso de existir, servirían como amortiguadores para la presión pesquera en el ecosistema marino.

La variabilidad ambiental y los cambios inducidos en la dinámica de los stocks marinos son factores decisivos para la migración humana (Kluger *et al.*, 2020). En el caso de Máncora, la baja capacidad adaptativa socioeconómica puede deberse a que existe una gran migración humana hacia esta área, lo que genera un aumento poblacional (caleta con mayor densidad poblacional) y mayor porcentaje de personas en condición de pobreza, ya que la competencia por el empleo es mucho mayor que en las demás caletas. En cambio, la alta capacidad adaptativa socioeconómica de la caleta de Cabo Blanco puede deberse a que más del 85%

de la población pertenece a la categoría No pobre (INEI, 2010) y el Índice de desarrollo humano (Calle, 2014) es mayor en comparación a las demás caletas evaluadas, lo que brindaría a los actuales pescadores de Cabo Blanco la posibilidad de buscar actividades alternas a la pesquería y/o poder vivir de sus ahorros en temporadas bajas de pesca. Estos resultados podrían estar relacionados al hecho de que la caleta de Cabo Blanco, se encuentra más cercana a Talara, donde existe una mayor actividad comercial relacionada a la actividad petrolera. Si bien, este punto incrementa la capacidad adaptativa socioeconómica del área; por otro lado existen reportes que indican que al menos 9743 barriles de petróleo han sido vertidos en el mar peruano en los últimos 10 años y 88% corresponden a la costa Norte afectando gravemente a la biodiversidad y a la actividad pesquera (De la Torre, 2019).

Estudios previos sostienen que las comunidades pesqueras con una mayor vulnerabilidad presentan como común denominador una baja tasa de desembarques, un alto nivel de esfuerzo pesquero y una alta dependencia entre la población y la actividad pesquera (Jara *et al.*, 2020, Mamauag *et al.*, 2013 y Licuanan *et al.*, 2012). Si bien la mayoría de caletas analizadas en la presente investigación muestran esas características, la caleta de Máncora, con el mayor valor de vulnerabilidad, es también la caleta con mayor tasa de desembarques y una baja dependencia de la actividad pesquera. En este caso, la evaluación realizada muestra que un alto nivel de pobreza, el incremento en la densidad poblacional y un índice de desarrollo humano menor son la causa de este resultado.

Es importante resaltar la ausencia de ANPs marinas en el área evaluada, puesto que este es un punto indispensable para la mejora de la capacidad adaptativa ecológica, un valor que es bajo en todas las caletas analizadas. Diversos estudios mencionan los beneficios de las ANPs marinas en la resiliencia del ecosistema marino, como también su contribución al mejoramiento de la actividad pesquera. Entre estos beneficios destacan la conectividad entre

las especies presentes, la reducción de mortalidad natural en juveniles, la reducción del riesgo de depredación, el incremento de la tasa de crecimiento y en consecuencia el aumento de la biomasa y la recuperación de las comunidades marinas (Roberts *et al.*, 2002, Rodwell *et al.*, 2003, Webster *et al.*, 2017). Las ANPs no solo contribuyen al mejoramiento del componente ecológico, sino también incrementan el compromiso de la comunidad pesquera y la conservación del ambiente marino explotado; específicamente cuando existe la participación de los pescadores en la creación e implementación de las ANPs marinas, dado que el conocimiento empírico de esta comunidad es crucial para identificar áreas óptimas para la conservación (mayor conectividad y zonas de cría), evitar conflictos durante la implementación y asegurar la sostenibilidad de las mismas (Helvey, 2004).

La presente investigación muestra la vulnerabilidad socioecológica a nivel local en cuatro comunidades costeras de la provincia de Talara, en el norte de Perú, situando a esta provincia en un nivel de vulnerabilidad socioecológica actual media. Este es un punto de partida para la identificación de los factores que generan estos resultados y la posterior mejora de los mismos. En este caso se recomienda a los tomadores de decisiones ser incisivos en la implementación de ANPs marinas, ya que esta será una medida efectiva para paliar los efectos del cambio climático en las comunidades pesqueras artesanales de Talara.

## **7. Conclusión**

La trascendencia del presente estudio radica en la posibilidad de tener un cálculo periódico de la vulnerabilidad socioecológica como medida de adaptación al cambio climático. De esta forma se puede comparar los valores encontrados en diferentes regiones y optimizar las herramientas de gestión espacialmente. Así mismo, este enfoque sirve para avizorar los posibles efectos del cambio climático en las comunidades costeras, comparando los valores encontrados para el presente con los valores futuros. Adicionalmente, un monitoreo continuo

de la vulnerabilidad de las comunidades costeras brindará información acerca de la efectividad de las medidas de adaptación implementadas.

Uno de los aspectos más resaltantes y novedosos de esta investigación es la presentación de un índice integrado que incluye los componentes ecológico, social y económico; los cuales son indispensables para el desarrollo de la actividad pesquera y necesarios para una correcta evaluación de la misma.

En conclusión, las comunidades costeras de pescadores artesanales en Talara poseen una vulnerabilidad socioecológica actual promedio en un nivel medio. Por lo tanto, de no tomarse medidas para fortalecer la capacidad adaptativa del sistema, la actividad pesquera artesanal se encontrará en un riesgo alto, afectando a miles de personas involucradas en este sector.

## 8. Recomendaciones

Es recomendable la implementación de ANPs marinas en la provincia de Talara y una mayor vigilancia con respecto a las prácticas pesqueras utilizadas en esta provincia para incrementar la capacidad adaptativa ecológica. Por otro lado, es importante promover el proceso de descentralización para mejorar la calidad de vida de las comunidades pesqueras artesanales, evitando el incremento de la densidad poblacional causado por la migración humana y el incremento de pobreza.

Con respecto a la metodología utilizada en el presente documento, si bien fue adecuada para alcanzar los objetivos trazados, aún hay lugar para la mejora puesto que en el futuro se puede afinar las escalas temporales y espaciales de los datos utilizados, así como realizar encuestas *in situ* para contar con información extraída directamente de las comunidades pesqueras artesanales.

Finalmente, se debe resaltar que esta investigación fue parte del proyecto “Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías” el cual continuará con esta línea de investigación trazada implementando escenarios futuros alineados con los RCP planteados por el IPCC.

## 9. Referencias bibliográficas

- Adger, W. N. (1999). Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World development*, 27(2), 249-269.
- Adger, W. N., & Kelly, P. M. (1999). Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 4(3-4), 253-266.
- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related?. *Progress in human geography*, 24(3), 347-364.
- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
- Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J. C., Pajuelo, M., Dutton, P. H., Seminoff, J. A., & Godley, B. J. (2010). Where small can have a large impact: structure and characterization of small-scale fisheries in Peru. *Fisheries Research*, 106(1), 8-17.
- Allison, E., Perry, A., Badjeck, M., Adger N., Brown, K., Conway, D., Halls, A., Pilling, G., Reynolds, J., Andrew, N. & Dulvy, N. K. (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and fisheries*, 10(2), 173-196.
- Badjeck, M. (2008). Vulnerability of coastal fishing communities to climate variability and change: implications for fisheries livelihoods and management in Peru. *University of Bremen, Bremen, Germany. (also available at <http://elib.suub.uni-bremen.de/diss/docs/00011064.pdf>. Ph. D thesis.) Climate change and capture fisheries: potential impacts, adaptation and mitigation*, 145.
- Badjeck, M. C., Allison, E. H., Halls, A. S., & Dulvy, N. K. (2010). Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine policy*, 34(3), 375-383.
- Bakun, A. (1990). Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247(4939), 198-201.
- Barange, M., Merino, G., Blanchard, J. L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E. H., Allen, J. I., Holt, J. & Jennings, S. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, 4(3), 211.
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). (2020). Portal Institucional. Página web: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04989AA/html>
- Bene, C. (2009). Are fishers poor or vulnerable? Assessing economic vulnerability in small-scale fishing communities. *The journal of development studies*, 45(6), 911-933.
- Bennett, S., Duarte, C. M., Marbà, N., & Wernberg, T. (2019). Integrating within-species variation in thermal physiology into climate change ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1778), 20180550.
- Berkes, F., & Jolly, D. (2002). Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community. *Conservation ecology*, 5(2), 18.

- Brander, K. M. (2007). Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19709-19714.
- Brander, K. (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4), 389-402.
- Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, 38(38), 1-16.
- Carbajal, W., Macalupú, J., Beltrán, L., Caccha, L., Rodríguez, A., Sanjinez, M., Quispe, Y., & Aldana L. (2010). *Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en el litoral de la Región Piura (Bocana Colán – Máncora)*. Centro Regional de Investigación Pesquera Paita, Perú. Informe del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).
- Castillo, G., Fernández, J., Medina, A., & Guevara-Carrasco, R. (2018). Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. *Inf. Inst. Mar Perú*, 45(3).
- Cheung, W. W., Lam, V. W., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R. E. G., Zeller, D., & Pauly, D. (2010). Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology*, 16(1), 24-35.
- Christensen, V., de la Puente, S., Sueiro, J. C., Steenbeek, J., & Majluf, P. (2014). Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Marine Policy*, 44, 302-311.
- Cinner, J. E., Daw, T., & McClanahan, T. R. (2009). Socioeconomic factors that affect artisanal fishers' readiness to exit a declining fishery. *Conservation Biology*, 23(1), 124-130.
- Cinner, J. E., Huchery, C., Darling, E. S., Humphries, A. T., Graham, N. A., Hicks, C. C., Marshall, N. & McClanahan, T. R. (2013). Evaluating social and ecological vulnerability of coral reef fisheries to climate change. *PloS one*, 8(9), e74321.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261.
- Daw, T., Adger, N., Brown, K., & Badjeck, M. C. (2009). 'Climate change and capture fisheries: potential impacts, adaptation and mitigation' in Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. (2009) *Climate change implications for fisheries and aquaculture*. FAO Fisheries and aquaculture technical paper, 530, 212.
- Defeo, O., Castrejón, M., Ortega, L., Kuhn, A. M., Gutiérrez, N. L., & Castilla, J. C. (2013). Impacts of climate variability on Latin American small-scale fisheries. *Ecology and Society*, 18(4).
- De la Torre, K. (2019). Perú: los derrames de petróleo crónicos e incalculables de la Costa Norte. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2019/11/peru-derrames-de-petroleo-en-el-mar/>
- Doubleday, Z. A., Clarke, S. M., Li, X., Pecl, G. T., Ward, T. M., Battaglione, S., Frusher, D., Gibbs, P., Hobday, A., Hutchinson, N., Stoklosa, R., & Jennings, S. M. (2013).

- Assessing the risk of climate change to aquaculture: a case study from south-east Australia. *Aquaculture Environment Interactions*, 3(2), 163-175.
- Dolan, A. H., & Walker, I. J. (2006). Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*, 1316-1323.
- Donelson, J. M., Sunday, J. M., Figueira, W. F., Gaitán-Espitia, J. D., Hobday, A. J., Johnson, C. R., Rodgers, G., Booth, D. , Munday, P. & Pecl, G. (2019). Understanding interactions between plasticity, adaptation and range shifts in response to marine environmental change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1768), 20180186.
- Dow, K. (1992). Exploring differences in our common future (s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 23(3), 417-436.
- Dow, K., & Downing, T. E. (2011). *The atlas of climate change: mapping the world's greatest challenge*. (3a ed.). California, USA. Univ of California Press.
- Dufresne, J. L., Foujols, M. A., Denvil, S., Caubel, A., Marti, O., Aumont, O., Balkanski, Y., Bekki, S., Bellenger, H., Benshila, R., Bony, S., Bopp, L., Braconnot, P., Brockmann, P., Cadule, P., Cheruy, F., Codron, F., Cozic, A., Cugnet, D., Noblet, N., Duvel, J., Ethé, C., Fairhead, L., Fichefet, T., Flavoni, S., Friedlingstein, P., Grandpeix, J., Guez, L., Guilyardi, E., Hauglustaine, D., Hourdin, F., Idelkadi, A., Ghattas, J., Joussaume, S., Kageyama, M., Krinner, G., Labetoulle, S., Lahellec, A., Lefebvre, M., Lefevre, F., Levy, C., Li, Z., Lloyd, J., Lott, F., Madec, G., Mancip, M., Marchand, M., Masson, S., Meurdesoif, Y., Mignot, J., Musat, I., Parouty, S., Polcher, J., Rio, C., Schulz, M., Swingedouw, D., Szopa, S. Talandier, C., Terray, P., Viovy, N. & Vuichard, N. (2013). Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5. *Climate Dynamics*, 40(9-10), 2123-2165.
- Durack, P. J., Wijffels, S. E., & Matear, R. J. (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *science*, 336(6080), 455-458.
- Fraser, E. D., Mabee, W., & Slaymaker, O. (2003). Mutual vulnerability, mutual dependence: The reflexive relation between human society and the environment. *Global Environmental Change*, 13(2), 137-144.
- Geronimo, R., Quibilan, M. & Follosco N. (2013). Chapter 2: Assessing Vulnerabilities: General Process Guide. In: MERF (2013) *Vulnerability Assessment Tools for Coastal Ecosystems: A Guidebook*. Marine Environment and Resources Foundation, Inc. and Conservation International—Philippines, Quezon City, Philippines. [s.n]. Recuperado de [http://www.coraltriangleinitiative.org/sites/default/files/resources/42\\_Vulnerability%20Assessment%20Tools%20for%20Coastal%20Ecosystems\\_A%20Guidebook.pdf](http://www.coraltriangleinitiative.org/sites/default/files/resources/42_Vulnerability%20Assessment%20Tools%20for%20Coastal%20Ecosystems_A%20Guidebook.pdf).
- Griffiths, C. (2016). *Climate change and coastal vulnerability: application of vulnerability assessment methodologies in two coastal communities in South Africa* (Master thesis dissertation, University of Cape Town, South Africa). Recuperada de [https://open.uct.ac.za/bitstream/item/26472/thesis\\_hum\\_2016\\_griffiths\\_chevon.pdf?squence=1](https://open.uct.ac.za/bitstream/item/26472/thesis_hum_2016_griffiths_chevon.pdf?squence=1).
- Gutiérrez, D., Bertrand, A., Wosnitza-mendo, C., Dewitte, B., Purca, S., Peña, C., Chaigneau, A., Tam, J., Graco, M., Echevin, V., Grados, C., Fréon, P. y Guevara-Carrasco, R.



- (2011). Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas [Climate change sensitivity of the Peruvian upwelling system and ecological implications]. *Revista Peruana Geoatmosférica*, 3, 1-24.
- Hannesson, R., Barange, M., & Herrick, S. F. (2006). *Climate change and the economics of the world's fisheries: examples of small pelagic stocks*. Cheltenham, UK. Edward Elgar Publishing.
- Heileman, S. (2012). XIV-48 Pacific Central-American Coastal: LME# 11. *Large marine ecosystems of the world. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, Maryland*. Recuperado de <https://iwlearn.net/resolveuid/3910fbfb-e29e-4ca0-87bd-dc690d81ed88>.
- Helvey, M. (2004). Seeking consensus on designing marine protected areas: keeping the fishing community engaged. *Coastal management*, 32(2), 173-190.
- Ibanez-Erquiaga, B., Pacheco, A. S., Rivadeneira, M. M., & Tejada, C. L. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). *PloS one*, 13(11), e0208244.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú). Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. (2010). *Mapa de pobreza provincial y distrital 2009: el enfoque de la pobreza monetaria*. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. Recuperado de <https://centroderecursos.cultura.pe/es/registrobibliografico/mapa-de-pobreza-provincial-y-distrital-2009-el-enfoque-de-la-pobreza-monetaria>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Compendio Estadístico Piura, 2017*. Oficina Departamental de Estadística e Informática de Piura. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1505/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1505/libro.pdf).
- Jalali, M. A., Ierodiaconou, D., Gorfine, H., Monk, J., & Rattray, A. (2015). Exploring spatiotemporal trends in commercial fishing effort of an abalone fishing zone: a GIS-based hotspot model. *PLoS One*, 10(5), e0122995.
- Jara, H. J., Tam, J., Reguero, B. G., Ganoza, F., Castillo, G., Romero, C. Y., Gévaudan, M. & Sánchez, A. A. (2020). Current and future socio-ecological vulnerability and adaptation of artisanal fisheries communities in Peru, the case of the Huaura province. *Marine Policy*, 119, 104003.
- Johnson, J. E., & Welch, D. J. (2009). Marine fisheries management in a changing climate: a review of vulnerability and future options. *Reviews in Fisheries Science*, 18(1), 106-124.
- Kluger, L. C., Alff, H., Alfaro-Córdova, E., & Alfaro-Shigueto, J. (2020). On the move: The role of mobility and migration as a coping strategy for resource users after abrupt environmental disturbance—the empirical example of the Coastal El Niño 2017. *Global Environmental Change*, 63, 102095.
- Licuanan, W. R. Y., Siringan, F. P., Mamauag, S. S., Samson, M. S., Aliño, P. M., & Rollon, R. N. (2013). Integrated coastal sensitivity, exposure, and adaptive capacity to climate change. In: MERF (2013) *Vulnerability Assessment Tools for Coastal Ecosystems: A Guidebook*. Marine Environment and Resources Foundation, Inc. and Conservation

- International—Philippines, Quezon City, Philippines*. [s.n]. Recuperado de [http://www.coraltriangleinitiative.org/sites/default/files/resources/42\\_Vulnerability%20Assessment%20Tools%20for%20Coastal%20Ecosystems\\_A%20Guidebook.pdf](http://www.coraltriangleinitiative.org/sites/default/files/resources/42_Vulnerability%20Assessment%20Tools%20for%20Coastal%20Ecosystems_A%20Guidebook.pdf)
- Maina, J., Kithiia, J., Cinner, J., Neale, E., Noble, S., Charles, D., & Watson, J. E. (2016). Integrating social–ecological vulnerability assessments with climate forecasts to improve local climate adaptation planning for coral reef fisheries in Papua New Guinea. *Regional environmental change*, 16(3), 881-891.
- Mamauag, S. S., Alino, P. M., Martinez, R. J. S., Muallil, R. N., Doctor, M. V. A., Dizon, E. C., & Cabral, R. B. (2013). A framework for vulnerability assessment of coastal fisheries ecosystems to climate change—Tool for understanding resilience of fisheries (VA–TURF). *Fisheries Research*, 147, 381-393.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Matthews, J., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M. & Waterfield, T. (2018). IPCC, 2018: Summary for Policymakers. *Global Warming of*, 1.
- MATLAB and Statistics Toolbox Release 2016b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.
- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 2). Cambridge University Press.
- Mills, D., Béné, C., Ovie, S., Tafida, A., Sinaba, F., Kodio, A., Russell, Andrew, N., Morand, P. & Lemoalle, J. (2011). Vulnerability in African small-scale fishing communities. *Journal of International Development*, 23(2), 308-313.
- Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
- Okey, T. A., Agbayani, S., & Alidina, H. M. (2015). Mapping ecological vulnerability to recent climate change in Canada's Pacific marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management*, 106, 35-48.
- Olmstead, P. S., & Tukey, J. W. (1947). A corner test for association. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(4), 495-513.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2011). *The economics of adapting fisheries to climate change*. OECD Publishing. Paris, Francia. <https://doi.org/10.1787/9789264090415-en>.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Pacifici, M., Foden, W. B., Visconti, P., Watson, J. E., Butchart, S. H., Kovacs, K. M., Scheffers, B. R., Hole, D. G., Martin, T. G., Akcakaya, H. R., Corlett, R. T., Huntley, B., Bickford, D., Carr, J. A., Hoffman, A. A., Midgley, G. F., Pearce-Kelly, P., Pearson, R. G., Williams, S. E., Willis, S. G., Young, B. & Rondinini, C. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature climate change*, 5(3), 215.

- Pauly, D., Christensen, V., Gu  nette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., Walters, C. J., Watson, R. & Zeller, D. (2002). *Towards sustainability in world fisheries*. *Nature*, 418(6898), 689.
- Pierce, D. (2012). ncdf4: Interface to Unidata netCDF (version 4 or earlier) format data files. *R package*, URL <http://CRAN.R-project.org/package=ncdf4>.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Roberts, C. M., & Sargant, H. (2002). Fishery benefits of fully protected marine reserves: why habitat and behavior are important. *Natural Resource Modeling*, 15(4), 487-507.
- Rodwell, L. D., Barbier, E. B., Roberts, C. M., & McClanahan, T. R. (2003). The importance of habitat quality for marine reserve fishery linkages. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(2), 171-181.
- Salazar Cesp  des, C. M. (2018). *Impacto ecosistémico de las artes de pesca artesanal peruana: propuesta de investigación tecnol  gicas y manejo pesquero*. (Tesis de Maestr  a, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú). Recuperada de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10469?show=full>.
- Segan, D. B., Murray, K. A., & Watson, J. E. (2016). A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss–climate change interactions. *Global Ecology and Conservation*, 5, 12-21.
- Segar, D. A., & Segar, E. S. (2007). *Introduction to ocean sciences*. (2a ed.). New York, USA. W. W. Norton & Company.
- Sherman, K., & Duda, A. M. (1999). Large marine ecosystems: an emerging paradigm for fishery sustainability. *Fisheries*, 24(12), 15-26.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 282-292.
- Sowman, M., & Raemaekers, S. (2018). Socio-ecological vulnerability assessment in coastal communities in the BCLME region. *Journal of Marine Systems*, 188, 160-171.
- Sumaila, U. R., Cheung, W. W., Lam, V. W., Pauly, D., & Herrick, S. (2011). Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature climate change*, 1(9), 449.
- Tompkins, E., & Adger, W. N. (2004). Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?. *Ecology and society*, 9(2).
- Webster, M. S., Colton, M. A., Darling, E. S., Armstrong, J., Pinsky, M. L., Knowlton, N., & Schindler, D. E. (2017). Who should pick the winners of climate change?. *Trends in ecology & evolution*, 32(3), 167-173.

- Weidberg, N., Ospina-Alvarez, A., Bonicelli, J., Barahona, M., Aiken, C. M., Broitman, B. R., & Navarrete, S. A. (2020). Spatial shifts in productivity of the coastal ocean over the past two decades induced by migration of the Pacific Anticyclone and Bakun effect in the Humboldt Upwelling Ecosystem. *Global and Planetary Change*, 103259.
- Wickham, H. (2011). ggplot2. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 3(2), 180-185.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J., Lotze, H., Micheli, F., Palumbi, S., Sala, E., Selkoe, A., Stachowicz, J. & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787-790.
- Yáñez, E., Barbieri, M. A., Plaza, F., & Silva, C. (2014). Climate change and fisheries in Chile. In *Vulnerability of Agriculture, Water and Fisheries to Climate Change* (pp. 259-270). Springer, Dordrecht.
- Yohe, G., & Tol, R. S. (2002). Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global environmental change*, 12(1), 25-40.

## **10. Anexos**

### Anexo A

Tabla resumen de los indicadores de exposición.

EXPOSICIÓN	INDICADOR		UNIDADES	MODELO	RESOLUCIÓN
	EX1	Pendiente de la TSM	°C/mes	IPSL CMIP5 MR	2.5°
	EX2	Pendiente de la concentración de clorofila	(mg/m <sup>3</sup> )/mes		
	EX3	Pendiente de la salinidad	ups/mes		

### Anexo B

Criterios de los indicadores de exposición

EXPOSICIÓN	INDICADOR		UNIDADES	CRITERIOS		
				1	2	3
	EX1	Pendiente de la TSM	°C/mes	< -0.003	-0.003 , 0.003	> 0.003
	EX2	Pendiente de la concentración de clorofila	(mg/m <sup>3</sup> )/mes	< -0.02	0.02 , -0.02	> 0.02
	EX3	Pendiente de la salinidad	ups/mes	> 0.001	0.001 , -0.001	< -0.001

## Anexo C

Tabla resumen de los indicadores de sensibilidad ecológica.

SENSIBILIDAD ECOLÓGICA	INDICADOR		VARIABLE	EXPLICACIÓN
	SE1	Cambio en la diversidad de especies	Serie de tiempo del índice de diversidad de Simpson por zona	La declinación de diversidad de especies por muerte o migración incrementa la sensibilidad
	SE2	Riqueza de especies (invertebrados bentónicos de importancia comercial) con bancos naturales	Número de especies con bancos naturales por localidad	Mayor presencia de especies con bancos naturales implica mayor sensibilidad, debido a que el cambio climático afectará directamente a las zonas de megadesovadores
	SE3	Concentración de capturas	Índice de Morán de autocorrelación	Capturas concentradas indican mayor sensibilidad ya que indicarían la presencia de un hábitat reducido o pequeño
	SE4	Proporción de especies dominantes	Porcentaje de especies dominantes respecto a la riqueza total	Mayor porcentaje de especies dominantes implican menor posibilidad de respuesta a eventos como el cambio climático y mayor sensibilidad

## Anexo D

### Criterios de los indicadores de Sensibilidad Ecológica.

SENSIBILIDAD ECOLÓGICA	INDICADOR		CRITERIOS		
			1	2	3
	SE1	Cambio en la diversidad de especies	Significativo positivo	No significativo	Significativo negativo
	SE2	Riqueza de especies (invertebrados bentónicos de importancia comercial) con bancos naturales	$\leq 1$	2	$\geq 3$
	SE3	Concentración de capturas	Hipótesis aceptada: Capturas dispersas	Hipótesis aceptada: Capturas aleatorias	Hipótesis aceptada: Capturas agregadas
	SE4	Proporción de especies dominantes	$< 25\%$	25 - 50%	$> 50\%$



## Anexo E

Tabla resumen de los indicadores de Sensibilidad socioeconómica.

SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA	INDICADOR		VARIABLE	EXPLICACIÓN
	SS1	Densidad poblacional	Porcentaje de variación en 10 años	La explosión demográfica indicaría mayor sensibilidad por la demanda de recursos
	SS2	Proporción de pescadores artesanales en la comunidad	Porcentaje de pescadores artesanales respecto al número de pobladores	Mayor dependencia de la pesquería por ello habría una mayor sensibilidad
	SS3	Recursos turísticos	Número de recursos turísticos marinos	El turismo costero depende de los atractivos turísticos marinos que serán afectados por el cambio climático.
	SS4	Área de la zona de pesca por embarcación	Cociente del área de pesca en el último periodo entre el número de embarcaciones (km <sup>2</sup> /Emb)	A menor área por embarcación habría mayor sensibilidad (presión de pesca, competencia entre pescadores).
	SS5	Zonas de Maricultura	Número de zonas de maricultura	Mayor presencia de zonas de maricultura implica mayor sensibilidad, debido a que el CC afectará directamente a las zonas de cultivo (cría).
	SS6	Distribución de capturas	Región de pesca que tiene el mayor porcentaje de capturas	Las regiones de pesca cercanas a la costa implican un menor esfuerzo pesquero para los pescadores artesanales, por ende menor sensibilidad
	SS7	Aporte económico de la pesquería	Porcentaje de la población económicamente activa dedicada al rubro	Un mayor porcentaje indicará mayor dependencia entre la población y la actividad pesquera, por ende mayor sensibilidad

## Anexo F

### Criterios de los indicadores de Sensibilidad Socioeconómica.

SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA	INDICADOR		CRITERIOS		
			1	2	3
	SS1	Densidad poblacional	<0	0-1	>1
	SS2	Proporción de pescadores artesanales en la comunidad	< 5 %	5% - 10%	> 10 %
	SS3	Recursos turísticos	0	<3	>3
	SS4	Área de la zona de pesca por embarcación	>1	0.5 - 1	<0.5
	SS5	Zonas de Maricultura	0	1 - 2	>2
	SS6	Distribución de capturas	Mayor captura dentro de las 5 nm	Mayor captura entre las 5 y 10 nm	Mayor captura más allá de las 10 nm
	SS7	Aporte económico de la pesquería	< 15%	15% - 25%	> 25%

## Anexo G

Tabla resumen de los indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA ECOLÓGICA	INDICADOR		VARIABLE	EXPLICACIÓN
	CAE1	Presencia de áreas naturales protegidas marinas	Número de ANPs en cada localidad (+1)	Un mayor número de ANPs incrementaría la capacidad adaptativa del ecosistema ya que estas áreas actuarían como refugios para las especies actualmente amenazadas por la actividad pesquera.
	CAE2	Tamaño del Área natural protegida marina	Tamaño del ANP (km <sup>2</sup> )+100	Un ANP de mayor extensión (e.g. Regional / Nacional) incrementaría la capacidad adaptativa del ecosistema ya que brindaría mayor extensión y posibles micro-hábitats para las especies actualmente amenazadas por la actividad pesquera.
	CAE3	Proporción de la ANP y la zona de pesca	Proporción del área (extensión) del ANP con respecto al área de la zona de pesca +1	Una proporción mayor de ANPs (área) respecto a las zonas de pesca incrementaría la capacidad adaptativa del ecosistema ya que estas áreas actuarían como refugios para las especies actualmente amenazadas por la actividad pesquera.
	CAE4	Sostenibilidad ecosistémica de las artes de pesca	Promedio ponderado del desembarque de las especies dominantes y el índice de su arte de pesca (FAO)	La inclusión de artes de pesca selectivas incrementará la capacidad adaptativa del ecosistema al evitar la captura incidental de especies acompañantes.

## Anexo H

Tabla resumen de los indicadores de Capacidad Adaptativa Socioeconómica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA SOCIOECONÓMICA	INDICADOR		VARIABLE	EXPLICACIÓN
	CAS1	Índice de desarrollo humano	Índice de desarrollo humano	Un índice mayor significará mayores oportunidades para lidiar con el nuevo panorama de la actividad pesquera, por ende mayor capacidad adaptativa
	CAS2	Indicador de 'No pobreza'	Porcentaje de la población correspondiente a la categoría 'No pobre'	La ausencia de pobreza en la población incrementará la capacidad adaptativa de la población al tener la opción de disponer de liquidez e invertir sus ahorros en adaptarse al nuevo panorama de la actividad pesquera o en actividades económicas alternas a la pesquería.

## Anexo I

Tabla resumen del índice de autocorrelación espacial de Morán.

CALETAS	ÍNDICE DE MORÁN	p-value - Prueba bilateral	p-value - Prueba unilateral: lado derecho	Hipótesis aceptada
Máncora	0.044	0.000	0.000	Distribución agregada
Los Órganos	0.052	0.000	0.000	Distribución agregada
El Ñuro	-0.005	0.592	-	Distribución aleatoria
Cabo Blanco	0.018	0.082	-	Distribución aleatoria

## Anexo J

### Criterios de los indicadores de Capacidad Adaptativa Ecológica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA ECOLÓGICA	INDICADOR		CRITERIOS		
			1	2	3
	CAE1	Presencia de áreas naturales protegidas marinas	1	2 - 3	> 3
	CAE2	Tamaño del Área natural protegida marina	100	100 - 200	> 200
	CAE3	Proporción de la ANP y la zona de pesca	1	1 - 31%	> 31%
	CAE4	Sostenibilidad ecosistémica de las artes de pesca	< 2.6	2.6 - 3.4	> 3.4

## Anexo K

### Criterios de los indicadores de Capacidad Adaptativa Socioeconómica.

CAPACIDAD ADAPTATIVA SOCIOECONÓMICA	INDICADOR		CRITERIOS		
			1	2	3
	CAS1	Índice de desarrollo humano	< 0.34	0.34 - 0.66	> 0.66
	CAS2	Indicador de 'No pobreza'	< 60%	60% - 80%	> 80%

## **Lista de especies de Máncora**

- [1] *Acanthocybium solandri*
- [2] *Alopias vulpinus*
- [3] *Brotula clarkae*
- [4] *Caulolatilus affinis*
- [5] *Chromis intercrusma*
- [6] *Coryphaena hippurus*
- [7] *Cynoscion analis*
- [8] *Genypterus maculatus*
- [9] *Hemanthias peruanus*
- [10] *Katsuwonus pelamis*
- [11] *Lepophidium negropinna*
- [12] *Merluccius gayi peruanus*
- [13] *Mobula thurstoni*
- [14] *Octopus mimus*
- [15] *Paralabrax humeralis*
- [16] *Peprilus medius*
- [17] *Pontinus furcirhinus*
- [18] *Prionace glauca*
- [19] *Rhinobatos planiceps*
- [20] *Sphyrna zygaena*
- [21] *Striostrea prismatica*
- [22] *Thunnus albacares*
- [23] *Dosidicus gigas*
- [24] *Hemiramphus saltator*
- [25] *Istiompax indica*
- [26] *Isurus oxyrinchus*
- [27] *Kajikia audax*

- [28] *Ruvettus pretiosus*
- [29] *Sarda chiliensis chiliensis*
- [30] *Scomber japonicus*
- [31] *Scomberomorus sierra*
- [32] *Mugil cephalus*
- [33] *Mustelus whitneyi*
- [34] *Peprilus snyderi*
- [35] *Trachinotus paitensis*
- [36] *Xiphias gladius*
- [37] *Auxis rochei*
- [38] *Panulirus gracilis*
- [39] *Prionotus stephanophrys*
- [40] *Selene peruviana*
- [41] *Squatina californica*
- [42] *Strongylura exilis*
- [43] *Otros*
- [44] *Opisthonema libertate*
- [45] *Raja velezi*
- [46] *Ophichthus remiger*
- [47] *Diplectrum conceptione*
- [48] *Penaeus californiensis*
- [49] *Fistularia corneta*
- [50] *Istiophorus platypterus*
- [51] *Mobula japanica*
- [52] *Larimus spp*
- [53] *Lobotes pacificus*
- [54] *Sphyræna idiaestes, S. ensis*
- [55] *Paralichthys peruanus*

- [56] *Sardinops sagax*
- [57] *Hexaplex brassica*
- [58] *Scorpaena mystes*
- [59] *Gymnura marmorata*
- [60] *Caranx caballus*
- [61] *Trichiurus lepturus*
- [62] *Seriola peruana*
- [63] *Etropus ectenes*
- [64] *Micropogonias altipinnis*
- [65] *Paralabrax callaensis*
- [66] *Alopias pelagicus*
- [67] *Mobula munkiana*
- [68] *Cynoscion phoxocephalus*
- [69] *Chloroscombrus orqueta*
- [70] *Trachurus murphyi*

### **Lista de especies de Los Órganos**

- [1] *Auxis rochei*
- [2] *Caulolatilus affinis*
- [3] *Cynoscion analis*
- [4] *Diplectrum conceptione*
- [5] *Genypterus maculatus*
- [6] *Hemanthias peruanus*
- [7] *Manta birostris*
- [8] *Merluccius gayi peruanus*
- [9] *Mugil cephalus*



- [10] *Mustelus whitneyi*
- [11] *Otros*
- [12] *Paralabrax callaensis*
- [13] *Paralabrax humeralis*
- [14] *Paralonchurus peruanus*
- [15] *Peprilus medius*
- [16] *Pontinus furcirhinus*
- [17] *Prionotus stephanophrys*
- [18] *Rhinobatos planiceps*
- [19] *Sarda chiliensis chiliensis*
- [20] *Sphyrna zygaena*
- [21] *Squatina californica*
- [22] *Brotula clarkae*
- [23] *Larimus spp*
- [24] *Lutjanus jordani L. guttatus*
- [25] *Myliobatis peruvianus*
- [26] *Peprilus snyderi*
- [27] *Raja velezi*
- [28] *Scomber japonicus*
- [29] *Selene peruviana*
- [30] *Seriolella violacea*
- [31] *Strongylura exilis*
- [32] *Thunnus albacares*
- [33] *Trachinotus paitensis*
- [34] *Trachurus murphyi*
- [35] *Epinephelus labriformis*
- [36] *Scomberomorus sierra*
- [37] *Pronotogrammus multifasciatus*

- [38] *Ethmidium maculatum*
- [39] *Penaeus californiensis*
- [40] *Alopias vulpinus*
- [41] *Carcharhinus porosus*
- [42] *Coryphaena hippurus*
- [43] *Isacia conceptionis*
- [44] *Istiompax indica*
- [45] *Istiophorus platypterus*
- [46] *Euthynnus alletteratus*
- [47] *Fistularia corneta*
- [48] *Katsuwonus pelamis*
- [49] *Seriola peruana*
- [50] *Trichiurus lepturus*
- [51] *Cynoscion phoxocephalus*
- [52] *Dosidicus gigas*
- [53] *Mobula japanica*
- [54] *Xiphias gladius*

#### **Lista de especies de El Ñuro**

- [1] *Caulolatilus affinis*
- [2] *Cynoscion analis*
- [3] *Hemanthias peruanus*
- [4] *Merluccius gayi peruanus*
- [5] *Otros*
- [6] *Peprilus medius*
- [7] *Peprilus snyderi*
- [8] *Sarda chiliensis chiliensis*
- [9] *Mugil cephalus*

- [10] *Paralabrax humeralis*
- [11] *Ophichthus remiger*
- [12] *Scomber japonicus*
- [13] *Selene peruviana*
- [14] *Thunnus albacares*
- [15] *Trachurus murphyi*
- [16] *Acanthocybium solandri*
- [17] *Cynoscion phoxocephalus*
- [18] *Katsuwonus pelamis*
- [19] *Seriola peruana*
- [20] *Istiompax indica*
- [21] *Mobula thurstoni*
- [22] *Larimus spp*
- [23] *Xiphias gladius*
- [24] *Dosidicus gigas*
- [25] *Mobula japanica*
- [26] *Trichiurus lepturus*
- [27] *Opisthonema libertate*
- [28] *Hemiramphus saltator*
- [29] *Auxis rochei*

#### **Lista de especies de Cabo Blanco**

- [1] *Auxis rochei*
- [2] *Brotula clarkae*
- [3] *Caulolatilus affinis*
- [4] *Chromis intercrusma*
- [5] *Cynoscion analis*
- [6] *Diplectrum conceptione*

- [7] *Epinephelus labriformis*
- [8] *Fistularia corneta*
- [9] *Genypterus maculatus*
- [10] *Hemanthias peruanus*
- [11] *Hemiramphus saltator*
- [12] *Merluccius gayi peruanus*
- [13] *Mugil cephalus*
- [14] *Mustelus whitneyi*
- [15] *Otros*
- [16] *Paralabrax callaensis*
- [17] *Paralabrax humeralis*
- [18] *Paralonchurus peruanus*
- [19] *Peprilus medius*
- [20] *Pontinus furcirhinus*
- [21] *Rhinobatos planiceps*
- [22] *Sarda chiliensis chiliensis*
- [23] *Scomber japonicus*
- [24] *Scorpaena mystes*
- [25] *Selene peruviana*
- [26] *Seriola rivoliana*
- [27] *Seriolella violacea*
- [28] *Sphyrna zygaena*
- [29] *Strongylura exilis*
- [30] *Trachinotus paitensis*
- [31] *Hemilutjanus macrophthalmos*
- [32] *Scomberomorus sierra*
- [33] *Acanthocybium solandri*
- [34] *Coryphaena hippurus*

- [35] *Katsuwonus pelamis*
- [36] *Peprilus snyderi*
- [37] *Thunnus albacares*
- [38] *Trachurus murphyi*
- [39] *Isacia conceptionis*
- [40] *Lutjanus jordani* L. *guttatus*
- [41] *Xiphias gladius*
- [42] *Seriola peruana*
- [43] *Mobula thurstoni*
- [44] *Brotula ordwayi*
- [45] *Trichiurus lepturus*
- [46] *Pronotogrammus multifasciatus*
- [47] *Dosidicus gigas*
- [48] *Hyporthodus acanthistius*
- [49] *Decapterus macrosoma*
- [50] *Schedophilus haedrichi*
- [51] *Thunnus obesus*